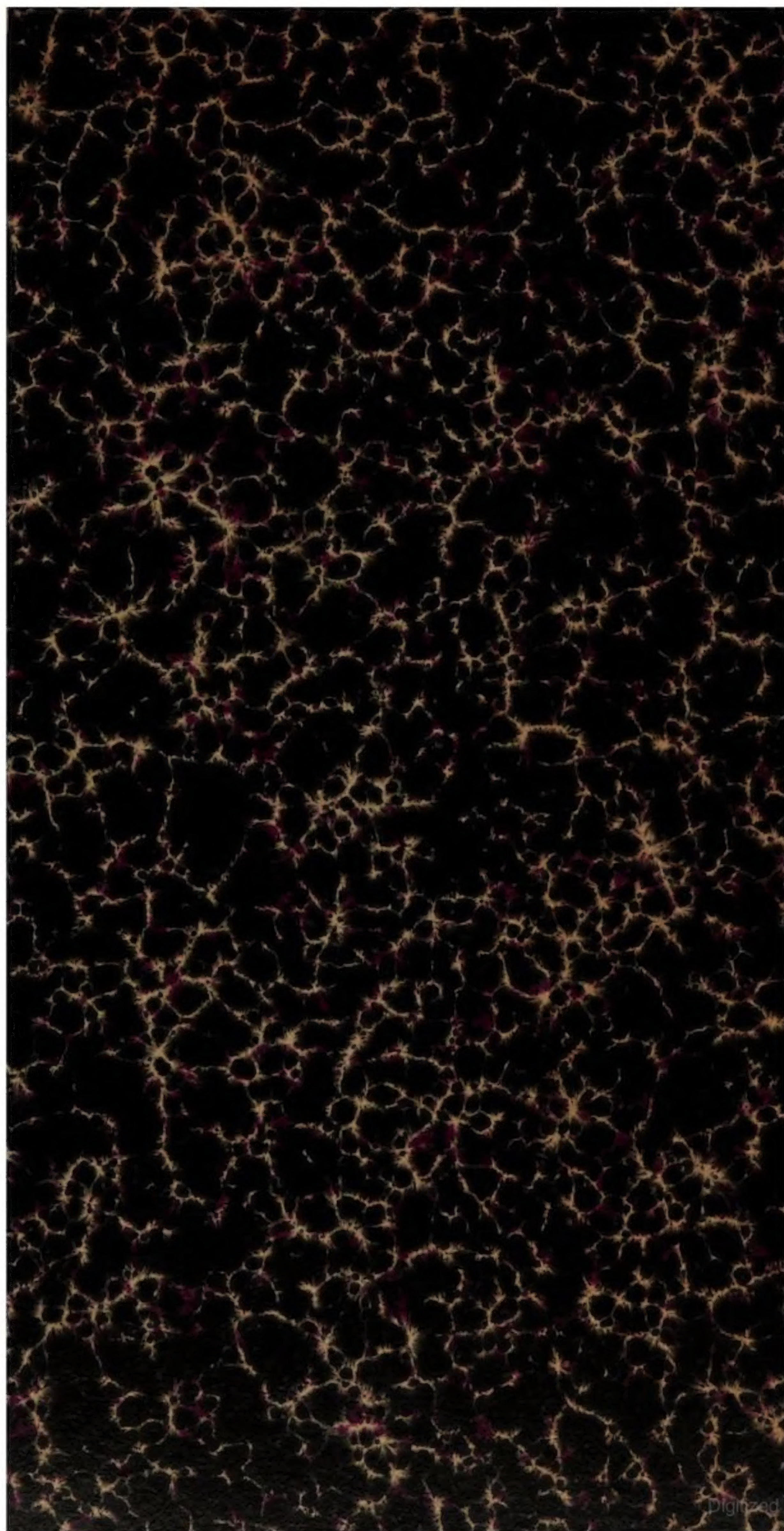


<36604426870010

ÜBER DEN

LUFTWECHSEL

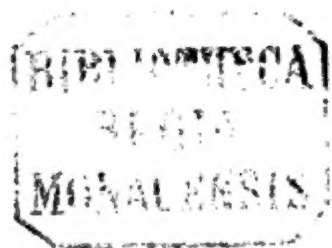
IN

WOHNGEBÄUDEN.

VON

Dr. MAX PETTENKOFER.

MÜNCHEN.
LITERARISCH-ARTISTISCHE ANSTALT
DER J. G. COTTA'SCHEN BUCHHANDLUNG.
1858.


MONACENSIS

ÜBER DEN

LUFTWECHSEL

IN

WOHNGEBÄUDEN.

VON

Dr. MAX PETTENKOFER.

MÜNCHEN.
LITERARISCH-ARTISTISCHE ANSTALT
DER J. G. COTTA'SCHEN BUCHHANDLUNG.
1858.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart und Augsburg.

ÜBER EINE METHODE

DIE

KOHLENSÄURE

IN DER ATMOSPHÄRISCHEN LUFT

ZU BESTIMMEN.

VON

Dr. MAX PETTENKOFER.


BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS



Bevor ich zur Beschreibung meiner Methode übergehe, muss ich die Gründe angeben, welche mich veranlasst haben, zu den zahlreichen Methoden, die wir von anerkannten Forschern wie Saussure, Brunner, Dumas, Boussingault, Watson, Regnault, Hlasiwetz und Gilm und Anderen besitzen, und welche sämmtlich sehr übereinstimmende Resultate ergeben haben, noch eine weitere hinzuzufügen. Ich hatte mir die Aufgabe gestellt, den Luftwechsel in unseren Wohnräumen einem genaueren Studium zu unterwerfen, als es bisher geschehen war. Ich glaubte denselben am sichersten darnach bemessen zu können, in welcher Zeit und in welchem Maasse der Kohlensäuregehalt in Zimmern ab- oder zunimmt. Da hiebei aber geringe Zeitintervallen bereits sehr maassgebend sind, so sah ich mich genöthigt, eine Methode der Kohlensäurebestimmung zu construiren, welche erlaubte, den Gehalt einer Zimmerluft an diesem Gase von Viertel- zu Viertel-, oder doch jedenfalls von Halb- zu Halbstunde zu bestimmen, d. i., eine Methode, mit der sich viel mehr Versuche anstellen und viel schneller arbeiten liess, als mit allen bekannten, und die jedenfalls so genau war, als die besten der bisherigen. Es ist mir dieses mit Anwendung längst bekannter Mittel vollkommen gelungen, und es ist desshalb nicht die Neuheit, sondern lediglich die Zweckmässigkeit und leichte Ausführbarkeit des Verfahrens, welche auf das Interesse der Gelehrten und der Praktiker Anspruch haben dürften. —

Meine Methode beruht wie alle übrigen auf der Absorption der Kohlensäure durch ätzende Alkalien, und setzt wie alle übrigen voraus, dass in der Luft keine andere freie Säure in bestimmbarer Menge zugegen sey. — Sollte eine solche zu entdecken seyn, so müsste dieselbe eigens bestimmt werden. Es sind übrigens kaum Umstände denkbar, wo die Voraussetzung sich nicht statthaft erweisen könnte.

Als alkalische Flüssigkeit ziehe ich für den vorliegenden Fall das gewöhnliche Kalkwasser allen übrigen Mitteln vor. Der Gehalt desselben an Aetzkalk ist sehr gering und schwankt nur innerhalb ziemlich enger Gränzen. Der Kalk sättigt die Säuren zu vollständig neutralen Salzen und bildet mit Kohlensäure eine unlösliche Verbindung, so dass die grössere oder geringere Trübung des Kalkwassers durch eine Luft bereits einen Anhaltspunkt für eine wenn auch nur sehr approximative Schätzung einem geübten Auge darbieten kann.

Der Gehalt eines Kalkwassers an Aetzkalk (CaO) ist mit grosser Leichtigkeit und Schärfe durch Titriren mit einer sehr verdünnten Säure von bekanntem stöchiometrischen Werthe zu ermitteln. Im Grade der Verdünnung der Säure liegt das Mittel, die Empfindlichkeit der Bestimmung bis zu beliebig kleinen Graden auszudehnen. Für meine Zwecke habe ich es genügend gefunden, eine Säure anzuwenden, deren Menge in 1 Cubikcentimeter Flüssigkeit das stöchiometrische Aequivalent von 1 Milligramm Kalk repräsentirt. Jede in Wasser lösliche Säure von bekannter Sättigungscapacität ist dazu brauchbar. Ich habe die Oxalsäure mehreren, die ich versuchte, vorgezogen, erstlich weil sie leicht rein zu erhalten ist, dann weil sie ein fester Körper ist, der bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft an Gewicht weder zu- noch abnimmt, und sich desshalb mit Leichtigkeit genau abwägen lässt. Sollte man von der Reinheit der zu verwendenden Oxalsäure nicht völlig überzeugt seyn, so lässt sie sich durch mehrmaliges Umkrystallisiren leicht rein

erhalten. Es ist am bequemsten, reine krystallisirte Säure ($C_2HO_4 + 2HO$) zu verwenden, welcher man durch Stehenlassen über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur das etwa adhärirende Wasser entzieht, wenn sie nicht ganz trocken seyn sollte. Von solcher reiner krystallisirter Säure wägt man nun auf einer empfindlichen Wage mit einem justirten Grammengewicht[1] 2,250 Grammen ab, und bringt sie in 1 Liter destillirtes Wasser von 12 bis 16° C. Nach erfolgter Auflösung und Mischung ist die Probesäure zum Gebrauche fertig. Es ist nicht gut, sich grössere Mengen für länger als 8 Tage vorräthig zu bereiten, da die Lösungen stets nach einiger Zeit schimmlig werden. Ich habe das selbst bei so verdünnter Schwefelsäure mehrmals beobachtet. Um sich jederzeit schnell eine Probesäure mischen zu können, thut man am besten, sich in kleinen Gläsern die für 1 Liter Wasser abgewogenen Mengen (2,25 Gramm) der festen Säure vorräthig zu halten. Mit einem genauen Litermass lässt sich dann innerhalb weniger Minuten die Probesäure fertig herstellen.

Eine Mohr'sche Bürette mit Quetschhahn, deren Theilung circa 50 Kubikcentimeter umfasst und noch $^1/_4$ Kubikcentimeter abzulesen gestattet, wird mit der verdünnten Säure gefüllt, wenn man Kalkwasser auf seinen Gehalt an Aetzkalk untersuchen will.

Die Bereitung des Kalkwassers geschieht auf gewöhnliche Weise. Man übergiesst gelöschten Kalk in einer grossen Flasche mit Wasser. Nach dem Sedimentiren giesst man das erste Kalkwasser, welches die etwa im Kalke befindlichen geringen Mengen von Kali oder Natron enthält, weg,

[1] In diesem Falle genügt nicht wie in so vielen andern die blosse Uebereinstimmung der Gewichtsabtheilungen unter sich, sondern es muss eine Uebereinstimmung mit dem Normalkilogramm erlangt werden, da zuletzt aus dem verwendeten Gewichte das Volumen berechnet werden muss.

und kann diese Operation noch ein paarmal wiederholen. Wenn aber auch etwas Aetzkali oder Aetznatron neben dem Aetzkalke gelöst ist, so hat das nicht den mindesten Einfluss auf die Genauigkeit der Methode, da die Flüssigkeit nicht dazu bestimmt ist, Kalksalz zu liefern, sondern lediglich eine bekannte Menge Oxalsäure zu neutralisiren. Zu diesem Zwecke können sich alle fixen Alkalien nach Aequivalenten vertreten. Wenn sich das Kalkwasser in der grossen Flasche gesättigt und völlig geklärt hat, so giesst man dasselbe in Flaschen, die etwa $1/4$ Liter fassen, und deren Hals so weit ist, dass man den Körper von Saugpipetten für 30 bis 45 Kubikcentimeter einbringen kann, und verkorkt sie sorgfältig. In diesem Zustande kann das Kalkwasser Monate lang für den Gebrauch tauglich aufbewahrt werden: es zieht nur sehr allmälig Kohlensäure an. Eine Flasche, welche am 6. December 1857 mit Kalkwasser gefüllt wurde, welches in 30 Kubikcentimetern $38 1/2$ Milligramme Aetzkalk enthielt, wurde in meinem Arbeitszimmer aufbewahrt und am 9. April 1858 geöffnet. Nach dieser Zeit zeigten 30 Grammen Kalkwasser noch einen Gehalt von $35 1/2$ Milligrammen Aetzkalk.

Was nun die wirkliche Bestimmung der Alkalinität eines Kalkwassers anlangt, so wird sie am besten auf folgende Weise ausgeführt. Man hebt mit einer Saugpipette 30 Kubikcentimeter Kalkwasser aus, und lässt sie in ein Medicinfläschchen von circa 3 Unzen (90 cub. cent.) Inhalt fliessen. Aus der Bürette lässt man nun die verdünnte Oxalsäure durch Oeffnen des Quetschhahnes in das Kalkwasser fliessen. Um beiläufig die Mengen zu wissen, welche man zusetzen darf, ohne den Punkt der Neutralität zu überschreiten, dient die Erfahrung als Anhaltspunkt, dass in 30 Kubikcentimetern Kalkwasser durchschnittlich nicht weniger als 34 und nicht mehr als 39 Milligramme Aetzkalk enthalten sind. Man wird also 32 Kubikcentimeter Oxalsäure auf einmal zusetzen können, ohne die alkalische Reaktion des Kalkwassers

aufzuheben. Von diesem Punkte an nähert man sich vorsichtig dem Punkte, wo die alkalische Reaktion verschwindet und die saure noch nicht auftritt. Bevor man einen Tropfen zur Reaktion aushebt, muss die Flüssigkeit jederzeit wohl umgeschüttelt werden.

Sollte der Punkt der Neutralisation durch einen zu grossen Zusatz von Säure überschritten seyn, ohne dass man denselben auf $1/2$ Kubikcentimeter genau angeben könnte, so fügt man neuerdings 10 Kubikcentimeter Kalkwasser mit einer kleinen Pipette zu, und nähert sich durch allmälichen Zusatz der Säure wieder dem Punkte des Verschwindens der alkalischen Reaktion. Einige Uebung lässt an der Intensität der alkalischen Reaktion eines Tropfens bald erkennen, ob man noch 2 oder 1 oder $1/2$ Kubikcentimeter Oxalsäure zusetzen soll. Ein zweiter Versuch lässt, falls man beim ersten nicht die grösste Genauigkeit erzielt zu haben fürchtet, diese sicher erreichen.

Es ist klar, dass die Genauigkeit der ganzen Bestimmung abhängig ist von der Schärfe, mit der sich das Verschwinden der alkalischen Reaktion beobachten lässt. Anfangs richtete ich mein Augenmerk auf das Eintreten der sauern Reaktion durch Röthung der Lacmustinktur. Das Mittel erwies sich aber so unzuverlässig, dass ich bei Bestimmung des Gehaltes von 30 Kubikcentimetern ein und desselben Kalkwassers an Alkali auf 2 Kubikcentimeter Oxalsäurelösung und darüber nicht sicher war. Ich wendete mich desshalb von der Beobachtung des Eintritts der sauern zu der des Verschwindens der alkalischen Reaktion. Das Eintauchen kleiner Streifen von Curcumapapier gab mir viel übereinstimmendere Resultate. Dabei fiel mir jedoch auf, dass man von dem Punkte an, wo die Flüssigkeit auf Curcumapapier bereits nicht mehr alkalisch reagirte, bis zu dem Punkte, wo sie auf Lacmuspapier zu reagiren begann, stets noch $4\frac{1}{2}$ bis 5 Kubikcentimeter Oxalsäurelösung zusetzen

konnte. Dieser todte Gang erschien mir zu verdächtig, um genaue Bestimmungen erwarten zu können. Ich hatte auch den Kalkgehalt von 100 Kubikcentimetern Kalkwasser durch Fällung mit Oxalsäure und Ueberführung des Niederschlags in schwefelsauren Kalk auf gewöhnliche Weise bestimmt, und wusste desshalb auch, wie viel Kalk ich mindestens in 30 Kubikcentimetern Kalkwasser haben musste: es zeigte sich, dass ich mit der Titrirmethode stets um 1 bis 2 Milligramme zu wenig Kalk erhielt. Ich wusste nun, dass das blosse Eintauchen eines Curcumapapierstreifens den Punkt nicht mit Schärfe gab, wo die alkalische Reaktion verschwindet. Ich hob nun mittels eines Glasstabes einen Tropfen aus einem mit Oxalsäure soweit neutralisirten Kalkwasser, dass der eingetauchte Curcumapapierstreifen keine Reaktion mehr anzeigte, heraus, und liess ihn auf ein grösseres Stück desselben Curcumapapiers fallen. Dieser Tropfen wurde an seiner Peripherie von dem Papier eingesogen, und zeigte dabei noch einen lebhaft braunen Ring. Das Auflegen eines Tropfens einer alkalischen Flüssigkeit und das Einsaugen durch das Papier ist gleich zu achten einer beträchtlichen Concentrirung derselben. Alle alkalischen Theilchen des Tropfens verbreiten sich lediglich durch seine peripherische Linie ins Papier. Da der Farbstoff der Curcuma, ebenso seine Verbindung mit Kalk, im Wasser fast unlöslich ist, so concentrirt sich die alkalische Wirkung eines Tropfens zuletzt in einer Linie, in der Peripherie, durch welche fast seine ganze Masse gehen muss, ehe sie sich im Papiere verbreiten kann. Diese Concentrirung der alkalischen Reaktion in der Peripherie eines Tropfens gestattet nun eine hinlänglich scharfe Beobachtung. Wenn man mit dem Zusatz der Oxalsäure zu 30 Cubikcentimetern Kalkwasser bis zum Verschwinden der alkalischen Reaktion gegangen ist, und gibt zu der neutralisirten Flüssigkeit nur 4 bis 5 Tropfen Kalkwasser, so zeigt ein Tropfen des

Gemenges bereits wieder eine sehr sichtbare alkalische Reaktion. Die Empfindlichkeit dieser Reaktion ist so gross, dass sich die Wirkung eines Zusatzes von $^1/_4$ Cubikcentimeter Oxalsäurelösung, mithin $^1/_4$ Milligramm Kalk, noch beobachten lässt.

Es dürfte unbestreitbar seyn, dass man sehr geringe Mengen aller Säuren von bekannter Zusammensetzung durch Neutralisiren mit Kalkwasser bestimmen kann, dessen alkalisches Aequivalent man vorher durch Titrirung mit einer Oxalsäurelösung von bekanntem Gehalte ermittelt hat. Es lassen sich für die Ermittlung des grösseren oder geringeren Gehaltes von Weinen, Essigen und von Bier leicht Methoden auf dieser Basis construiren. Da die Reaktion sehr empfindlich ist, so verdünnt man namentlich saure Weine und Essige mit einem mehrfachen Volum von Wasser. Bei den Bieren kann man den Gehalt an Kohlensäure und an anderen Säuren bestimmen, wenn man zwei Versuche macht, wo man bei einem das Getränk durch Kochen von Kohlensäure befreit und was dabei verdunstet wieder durch Wasser ersetzt. Um was gekochtes Bier weniger Kalk neutralisirt, als frisches, das kann man als Kohlensäure annehmen.

Da Kalkwasser die Kohlensäure der Luft mit Begierde absorbirt, so wird sich der Gehalt der letzteren an diesem Gase in einem gemessenen Volumen leicht ermitteln lassen. Bereits vor vielen Jahren hat Watson (Erdmann und Schweizer's Journal für praktische Chemie Bd. VI. S. 75) eine ähnliche Methode angewendet, die aber bald in gänzliche Vergessenheit gekommen zu seyn scheint. Meines Wissens geschah derselben in neuerer Zeit nirgend Erwähnung, und ich selbst wurde erst darauf aufmerksam, als ich nach Feststellung meiner Methode die Literatur dieses Jahrhunderts über den betreffenden Gegenstand durchging, und fand, dass ich wesentlich eine ähnliche Methode wie Watson angewandt und nur unserem gegenwärtigen Standpunkte entsprechend verbessert und die in ihr liegenden Fehlerquellen vermieden hatte.

Die Bestimmung der Kohlensäure in der Luft wird nach meiner Erfahrung am besten auf folgende Weise ausgeführt. Zuvörderst waren dafür Anhaltspunkte zu gewinnen, welches Volumen Luft zu einer Bestimmung erforderlich ist. Es zeigte sich, dass man je nach dem Gehalte der Luft an Kohlensäure mit verschiedenen Mengen Luft ausreicht. Da in allen der atmosphärischen Luft nicht ganz frei zugänglichen Räumen der Kohlensäuregehalt grösser seyn wird, als in dieser, so kann man das Volumen, welches zur Bestimmung der Kohlensäure in der freien Luft ausreicht, als Maximum betrachten. Ich habe gefunden, dass ein Volumen von circa 6 Liter Luft hinreichend ist, um Resultate zu erhalten, welche mit denen nach unsern bisherigen anerkannt besten Methoden vollkommen übereinstimmen. — Mit dem Wachsen des Kohlensäuregehaltes kann das der Untersuchung zu unterwerfende Luftvolumen abnehmen. Wenn für eine Luft von 5 Zehntausendtheilen Kohlensäuregehalt 6 Liter ausreichend sind, so werden für eine Luft von 5 Tausendtheilen 0,6 Liter hinreichend seyn. Ich habe bisher für die Luft stark bewohnter Räume meist Flaschen von 3 Liter Inhalt, und für die freie Luft oder für die Luft sehr wenig bewohnter oder stark ventilirter Räume Flaschen von circa 6 Liter Inhalt benützt. — Ich wählte dazu Glaskolben oder Wasserflaschen mit einem so weiten Halse, dass eine längliche, 45 Cubikcentimeter fassende Saugpipette bequem eingeführt werden konnte. Der Rand des Halses wurde horizontal abgeschliffen, und der Inhalt der Flasche bis auf ein paar Cubikcentimeter genau durch Füllen mit Wasser ermittelt. Eine Kalibrirung kann man durch Messen, eine andere durch Wägen des Wassers ausführen, wozu eine Wage gehört, welche bei einer Belastung von 6 Kilogrammen noch einen Gramm sicher angibt. Die Anzahl von Cubikcentimetern, welche den Inhalt der Flasche ausdrücken, wird mit Diamant auf die Flasche geschrieben. Diese Zahl kann zugleich als Unterscheidungs-

merkmal für mehrere Flaschen dienen, da es kaum vorkommen wird, dass selbst unter 20 Flaschen 2 die gleiche Anzahl von Cubikcentimetern fassen.

Vor Anwendung zur Kohlensäurebestimmung müssen die Flaschen inwendig ganz trocken seyn. Man trocknet sie in einem Sandbade oder auf einem Ofen, und beschleunigt die Verdunstung des Wassers in den so erwärmten Flaschen durch öfteres Einblasen von Luft mittelst eines kleinen Handblasebalges. Die getrockneten Flaschen stellt man an den Platz, wo man die Luft untersuchen will, damit das Glas die Temperatur der zu untersuchenden Luft annehme. Neben die Flasche stellt man ein Thermometer. Sobald sich die Temperatur constant zeigt, kann man damit beginnen, die Flasche mit Luft zu füllen. Hiezu bedient man sich eines kleinen Handblasebalges, über dessen Ventilöffnung ein Messingrohr vom Durchmesser des Ventiles befestigt ist, so wie es die beigegebene Zeichnung zeigt, um die Luft an einer beliebig bestimmten Stelle einsaugen zu können. Die Düse des Blasbalges verbindet man mit einem Kautschukrohre, und dieses mit einem Glasrohre, welches weiter ist, als die Oeffnung der Düse, und bis auf den Grund der Flasche reicht. Um von der Zerbrechlichkeit des Glases nichts befürchten zu müssen, thut man gut, das Ende des Glasrohres, welches auf dem Grunde der Flasche aufsteht, mit einem kleinen Stück Kautschukrohr zu umgeben. Das Volumen eines Blasbalgstosses muss man beiläufig kennen, um annähernd bemessen zu können, wie viel Luft man durch 10 oder 20 Stösse in die Flasche schafft. Man bläst die Luft unter eine mit Wasser gefüllte graduirte Glocke, welche in einer pneumatischen Wanne steht, und misst mehrmals das Volum der eingeblasenen Luft. Der Blasbalg, dessen ich mich bediene, fördert nahezu ½ Liter bei jedem Stosse. Wenn ich eine Flasche von 6 Liter Inhalt zu füllen habe, mache ich in der Regel 60 Stösse mit

dem Blasbalge, wodurch ich circa 30 Liter oder das Fünffache des Inhaltes der Flasche in diese treibe. Bei einer Flasche von 3 Liter Inhalt mache ich 30 Stösse.

Sobald man sich auf diese Weise versichert hat, dass alle ursprünglich in der Flasche enthaltene Luft ausgetrieben und durch solche, die man untersuchen will, ersetzt ist, bringt man 45 Cubikcentimeter Kalkwasser in die Flasche und verschliesst sie luftdicht. Das Kalkwasser saugt man mittelst einer eigens für dieses Volum verfertigten und genau geeichten Pipette an, hält diese in die Flasche und lässt sie nicht zu hoch über dem Boden der Flasche ausfliessen. Das Kalkwasser verdrängt natürlich sein gleiches Volum Luft, welches in Abzug zu bringen ist. Sollte die Pipette vor dem Aufsaugen des Kalkwassers nicht ganz trocken gewesen seyn, so spült man sie zuvor mit dem dazu bestimmten Kalkwasser etwas aus. Der Verschluss der Flaschen oder Kolben geschieht mit eng anschliessenden, übergreifenden Deckeln oder Kappen von vulkanisirtem Kautschuk. Diese können einen Tubulus haben oder nicht. Haben sie einen Tubulus, so wie man sie gegenwärtig häufig statt der durchbohrten Korke bei Gasentwicklungsflaschen anwendet, so bleibt während des Aufsetzens der Kappe der Tubulus unverschlossen, damit die Luft im Innern der Flasche mit der äussern communiciren kann. Sobald die Kappe aber festsitzt, verschliesst man den Tubulus mit einem massiven Glasstabe oder einer an den Enden zugeschmolzenen Glasröhre, dass sie das Lichte des Tubulus ganz luftdicht ausfüllt. Hat die Kautschukkappe keinen Tubulus, so legt man während des Aufsetzens an den Hals des Kolbens ein kleines rundes Stäbchen, dass es so viel Zwischenraum zwischen Kautschuk und Glas erhalte, um keine Compression der Luft in Folge des Aufsetzens und Anziehens der Kappe eintreten zu lassen. Sobald die Kappe festsitzt, zieht man das Stäbchen heraus.

Man bemerkt nun Thermometer- und Barometerstand,

um das in der Flasche eingeschlossene Luftvolum auf 0° und 760 Millimeter Barometerstand reduciren zu können.

Nun bringt man die Flasche in eine fast horizontale Lage und schwenkt sie so, dass das Kalkwasser den grössten Theil der Wandungen des Glases benetzt. — Diese Bewegungen wiederholt man zeitweise, und inzwischen ermittelt man den Gehalt des Kalkwassers an Aetzkalk oder überhaupt dessen alkalisches Aequivalent. Bei einem grössern Gehalt der Luft an Kohlensäure als 1 pro mille, kann man nach einer halben Stunde bereits zur Untersuchung des Kalkwassers in der Flasche schreiten, bei einem Gehalt wie der der atmosphärischen Luft kann man 2 Stunden als Gränze annehmen. Es ist nicht gut, viel länger mit der Untersuchung zu warten, da bei der geringsten Mangelhaftigkeit des Verschlusses eine beständige Vermehrung der Kohlensäure in der Flasche durch Diffusion erfolgt. — Ist aber ein vollständiger Verschluss vorhanden, so erhält man nach 24 Stunden noch dieselben Resultate, wie nach 2 Stunden. Ich habe auch einige Flaschen benützt, welche mit genau eingeschliffenen Glasstöpseln verschlossen werden, die mit etwas Talg eingerieben sehr gut schliessen. Da aber vulkanisirter Kautschuk gleichfalls sehr dicht schliesst und in der Anwendung viele Bequemlichkeiten darbietet, so ziehe ich diesen Verschluss vor.

Ist die Absorption der Kohlensäure beendigt, was man durch fleissiges Schwenken des Kalkwassers beschleunigen kann, so wird durch Titriren mit der nämlichen Säure, mit welcher man den Gehalt der 30 Cubikcentimeter frischen Kalkwassers ermittelt hat, auch die Alkalinität von 30 Cubikcentimetern des zur Absorption der Kohlensäure verwendeten Kalkwassers bestimmt. Zu diesem Behufe giesst man das Kalkwasser aus der Flasche in ein enges Becherglas. Um dasjenige, was an den Wänden etc. hängen bleibt, nicht sammeln zu müssen, wendet man zur Absorption 45 Cubik-

centimeter an, untersucht deren nur 30 und berechnet daraus den Gehalt der übrigen 15 Cubikcentimeter. — Man erhält so viel Kalkwasser in das Becherglas, dass man einige Cubikcentimeter auch zum Ausspülen der 30 Cubikcentimeter haltenden Pipette verwenden kann. Die in der Luft des Zimmers, wo man die Untersuchung vornimmt, enthaltene Kohlensäure kann das Resultat nicht alteriren, wenn man das Becherglas ruhig stehen lässt, und mit der Pipette die Flüssigkeit vom Grunde des Glases ansaugt. Es kann dann das Kalkwasser höchstens in der obersten Schichte etwas Kohlensäure anziehen, welche aber nicht mehr in die Pipette gesogen wird. Man lässt die 30 Cubikcentimeter Kalkwasser wie oben in ein Medicinfläschchen laufen, und neutralisirt mit der verdünnten Oxalsäure bis zum Verschwinden der alkalischen Reaktion ganz so, wie beim frischen Kalkwasser. Wie viele Cubikcentimeter Säure man jetzt weniger braucht, so viele Milligramme Kalk wurden von Kohlensäure neutralisirt. — Da mit 14 Gewichtstheilen Kalk sich genau 11 Gewichtstheile Kohlensäure verbinden, so hat man nun alle Anhaltspunkte zur Berechnung der Kohlensäure in dem in der Flasche eingeschlossenen Luftvolumen. Einige Beispiele werden die ganze Methode, deren Beschreibung vel umständlicher ist, als deren Ausführung, für jeden Chemiker leicht fasslich machen.

1) Luft aus dem Freien.

Volumen der Flasche 6140 Cubikcentimeter, mithin nach Abzug der 45 Cubikcentimeter Kalkwasser 6095.

Temperatur der Luft — 1° Cels.

Barometerstand 732 Millimeter.

Volumen der eingeschlossenen Luft auf 0° C. und 760 Millimetern. Barometerstand reducirt 5891 Cubikcentimeter.

30 Cubikcentimeter des verwendeten Kalkwassers erforderten 38,7 Cubikcentimeter Oxalsäurelösung.

30 Cubikcentimeter Kalkwasser erforderten nach Absorption der Kohlensäure 34,2 Cubikcentimeter Oxalsäurelösung, mithin um 4,5 Cubikcentimeter weniger, so dass 4,5 Milligramme Kalk durch Kohlensäure gesättigt waren. In den nicht untersuchten 15 Cubikcentimetern des gebrauchten Kalkwassers sind mithin noch ferner 2,2 Milligramme Kalk durch Kohlensäure neutralisirt worden. In den 5891 Cubikcentimetern Luft war mithin so viel Kohlensäure, dass sie 6,7 Milligramme Kalk neutralisirte. Dazu sind 5,3 Milligramme Kohlensäure erforderlich. 1 Milligramm Kohlensäure ist in Gasform bei 0° und 760 Millimeter Barometerstand 0,503 Cubikcentimeter, und somit waren in diesem Falle in 5891 Cubikcentimetern 2,6659 Cubikcentimeter oder 0,452 pro mille enthalten.

2) Luft aus einem schlecht gelüfteten Arbeitszimmer.

Volumen der Flasche 3430 Cubikcentimeter, nach Abzug von 45 Cubikcentimetern Kalkwasser 3385 Cubikcentimeter.

Temperatur 17° C.

Barometerstand 709 Millimeter.

Reducirtes Volumen 2974 Cubikcentimeter.

Gehalt des Kalkwassers: in 30 Cubikcentimetern 37 Milligramme Aetzkalk.

Von den zur Absorption der Kohlensäure in die Flasche gebrachten 45 Cubikcentimetern enthielten darnach 30 Cubikcentimeter nur noch 27 Milligramme Aetzkalk. Es sind somit von 37 Milligrammen Aetzkalk in 30 Cubikcentimetern Kalkwasser 10 Milligramme durch die Kohlensäure der Luft in der Flasche gesättigt worden. Für die nicht untersuchten 15 Cubikcentimeter des gebrauchten Kalkwassers kommen desshalb noch 5 Milligramme Kalk in Rechnung, welche von der Kohlensäure derselben Luft gesättigt worden sind. In dem reducirten Luftvolum von 2974 Cubikcentimetern war somit so viel Kohlensäure, dass 15 Milligramme Aetzkalk

davon gesättigt wurden. Diese erfordern zur Sättigung 11,7 Milligramme Kohlensäure, was 5,8851 Cubikcentimetern entspricht, wonach in 1000 Volumtheilen dieser Luft 1,97 Volumtheile Kohlensäure enthalten waren.

Ist der Kohlensäuregehalt einer Luft so bedeutend, dass der in 45 Cubikcentimetern enthaltene Aetzkalk bis auf sehr wenig gesättigt wird, so thut man gut, eine zweite Probe zu machen, und entweder das doppelte Volum Kalkwasser, oder nur die Hälfte Luft, d. i. eine im Verhältniss kleinere Flasche zu nehmen. — In jenen Fällen, wo man eine Wiederholung der Beobachtung nicht leicht erwarten kann, füllt man desshalb mehrere Flaschen mit Luft, die man einzeln mit verschiedenen Mengen Kalkwasser versieht. — Als Anhaltspunkte kann man sich merken, dass bei Flaschen die circa 3 Liter fassen, 45 Cubikcentimeter Kalkwasser genügen bis zu einem Gehalt der Luft von 5 pro mille Kohlensäure. Für eben so viel Luft genügt die doppelte Menge Kalkwasser von 90 Cubikcentimetern bis zu einem Kohlensäuregehalt der Luft von $2\frac{1}{2}$ Procent. — Bei doppeltem Volum Luft, d. i. bei nochmal so grossen Flaschen, hat man selbstverständlich das Kalkwasser in gleichem Verhältnisse zu vermehren.

Um zu erfahren, ob die Resultate bei verschiedenem Volum der auf Kohlensäure untersuchten Luft zusammenstimmen oder nicht, wurde eine Flasche von 3425 Cubikcentimetern und eine andere von 15115 Cubikcentimetern Inhalt (mithin mehr als viermal so gross) mit Zimmerluft gefüllt. In die kleine Flasche wurden 45 Cubikcentimeter, in die grosse 130 Cubikcentimeter Kalkwasser gebracht. Nach einstündigem fleissigem Schütteln wurde das Kalkwasser aus beiden Flaschen untersucht. Durch die Kohlensäure in der kleinen Flasche, deren reducirtes Volum 3009 Cubikcentimeter betrug, waren 4,7 Milligramme Aetzkalk, durch die in der grossen, deren reducirtes Volum 13282 entspricht, 21,7 Milligramme Aetzkalk neutralisirt worden, wodurch sich

der Kohlensäuregehalt aus dem kleinen Volum zu 0,61 pro mille, und aus dem grössern Volum zu 0,64 pro mille ergibt.

Obwohl man aus diesem Grad der Uebereinstimmung einen ziemlich sichern Schluss auf die Genauigkeit und Schärfe der Methode machen könnte, so hielt ich es doch für nothwendig, dieselbe noch weiter zu controliren. In dieser Beziehung war es für mich von grossem Werthe, dass bereits eine Methode vorlag, die wenn auch umständlich, aber auf ihre absolute Genauigkeit controlirt war. Professor Hlasiwetz in Innsbruck hat sich mit diesem Gegenstande einlässig befasst. Er veranlasste einen seiner Schüler, Dr. v. Gilm, die Methode, welche im Aprilhefte 1857 der Sitzungsberichte der mathemat. naturwiss. Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien (Bd. XXIV. S. 279) beschrieben ist, und in ihren Grundzügen von Mohr herrührt, auszuarbeiten und durch bekannte Mengen Kohlensäure in der Luft auf die Genauigkeit ihrer Angaben zu controliren. Es ergab sich, dass die Methode in der That auf grosse Genauigkeit Anspruch machen kann.

Ich stellte nun vergleichende Versuche an.

I.

Nach der Methode von Gilm wurden 25910 Cubikcentimeter Zimmerluft (auf 0° C. und 760 Millimeter Barometerstand reducirt) aspirirt. Es wurden 0,195 Gramme schwefelsaurer Baryt erhalten, was 0,037 Grammen Kohlensäure entspricht. Hienach waren in 1000 Volumtheilen Luft 0,741 Kohlensäure enthalten. Die Aspiration dauerte 5 Stunden.

Nach Abfluss der ersten Hälfte dieser Zeit füllte ich eine Flasche von 6140 Cubikcentimetern Inhalt mit dieser Zimmerluft — das reducirte Volum war 5569 Cubikcentimeter. Es wurden 10,5 Milligramme Aetzkalk neutralisirt, was 8,2 Milligrammen Kohlensäure und 4,1246 Cubikcentimetern entspricht. Nach meiner Methode ergab sich somit ein Kohlensäuregehalt in 1000 Theilen von 0,740.

II.

In einem zweiten Falle ergab die Methode von Gilm 0,633 pro mille Kohlensäure, während ich nach der meinigen 0,611 erhielt.

III.

In einem dritten Falle, wo die Luft aus dem Freien genommen wurde, ergab die Aspiration 0,409 pro mille, während meine Methode 0,452 pro mille Kohlensäure ergab. Hier ist die Differenz etwas grösser, aber sie kann möglicherweise durch einen Wechsel im Kohlensäuregehalt der Luft selbst veranlasst seyn, denn nach der Aspirationsmethode erhält man nur den mittlern Kohlensäuregehalt aus einem längern Zeitraum (5—6 Stunden), während meine Methode denselben gerade zu einer bestimmten Zeit angibt. Jedenfalls aber ersieht man, dass meine Methode eben so gute Resultate gibt, wie alle übrigen. Sie hat aber vor allen übrigen den grossen Vortheil der leichten Ausführbarkeit, und dass sie gestattet, die Luft in beliebig kleinen Zeitabschnitten und an beliebigen Stellen ein und desselben Raumes zu untersuchen, z. B. am Fussboden und an der Decke eines Zimmers. Ich hege die volle Ueberzeugung, dass sie sich sogar als meteorologisches Instrument zur regelmässigen Beobachtung des Kohlensäuregehalts der freien Atmosphäre eignen wird. — Es wäre gewiss nicht ohne Interesse, den Kohlensäuregehalt der freien Atmosphäre ein ganzes Jahr hindurch mit täglichen, oder selbst halbtäglichen Beobachtungen zu verfolgen. Die Zeit, welche meine Methode zur Ausführung von Seiten eines wissenschaftlichen Experimentators erheischt, kann nicht auf mehr als ½ Stunde angeschlagen werden, alles Uebrige (Reinigen, Trocknen der Flaschen etc.) kann man durch jeden Diener verrichten lassen.

Zur leichtern Versinnlichung meiner Beschreibung lege ich eine lithographirte Abbildung des ganzen Apparates bei, dessen ich mich bedient habe.

BERICHT

ÜBER DIE

VENTILATIONS-APPARATE

1) des neuen Gebärhauses und
2) des allgemeinen Krankenhauses in München;
3) der drei Pavillons der weiblichen Abtheilung des Spitales La Riboisière;
4) der drei Pavillons der männlichen Abtheilung desselben Spitales, und
5) des Pavillons Nr. 4 des Spitales Beaujon in Paris.

ERSTATTET VON

Dr. MAX PETTENKOFER

AN DIE KÖNIGLICHE COMMISSION FÜR VENTILATION DER SPITÄLER IN MÜNCHEN.

1. Ventilation des neuen Gebärhauses in München.

Nachdem ich von der sehr verehrlichen Commission[1] den Auftrag zur Untersuchung der Ventilations-Apparate des allgemeinen Krankenhauses und zunächst des neuen Gebärhauses erhalten und mehrere Vorversuche gemacht hatte, begann ich am 1. April 1857 die regelmässigen Beobachtungen über den Gang der Ventilation im neuen Gebärhause. — Der daselbst nach dem System von Häberl ausgeführte Apparat beschränkt sich auf die Gebär- und Wochensäle des ersten und zweiten Stockwerks und hat folgende wesentliche Theile:

I. Abführung der sogenannten verdorbenen Luft,

II. Zufuhr frischer Luft.

I.

Am Fussboden der ventilirten Säle befinden sich an den beiden langen Seiten Oeffnungen, welche zu zwei Kanälen führen, die in das Ofenhaus und den Kamin jedes einzelnen Saales münden. Das im Ofen brennende Feuer und die in den Kaminen aufsteigende Luftsäule empfängt die Luft wesentlich nur aus den Sälen. Die Menge der aus den Sälen abgeführten Luft wird desshalb, wenn auch nicht gleich, aber doch jedenfalls proportional der Geschwindigkeit seyn, mit der sich die Luft durch den Ofen und

[1] Die Commission bestand aus den Professoren der Universität und der polytechnischen Schule: Dr. Jolly als Vorstand, dann Dr. Kaiser, Dr. Alexander und mir.

den Kamin des einzelnen Saales bewegt. Ist letztere Bewegung eine rasche, so werden die Säle viel Luft auf diesem Wege verlieren, ist sie eine schwache, wenig. Da jeder Saal seinen eigenen Ofen hat, so richtet sich das Abströmen der Luft für jeden einzelnen Saal nach den eben maassgebenden Verhältnissen. Eine gleichmässige Entfernung der Luft aus den Sälen ist bei derartigen Einrichtungen von vornherein nicht zu erwarten. Das einzige Kriterium für ihre Leistung war bisher ein brennendes Licht, welches man an die Abzugsöffnungen im Saale hielt; man beobachtete, ob die Flamme hineingezogen wurde oder nicht. Bei weitem in der Mehrzahl der Fälle beobachtete ich, dass diese Abzüge in einer Weise functionirten, dass die Flamme wirklich hineingezogen wurde, dass die Intensität aber, mit der es geschah, zu verschiedenen Tagen und Tageszeiten augenscheinlich eine sehr verschiedene war. Ja sie sank hie und da so weit, dass es wirklich zweifelhaft blieb, ob die Bewegung der Luft in der beabsichtigten Richtung stattfand oder nicht. — Eine verkehrte Bewegung, ein Herausblasen aus diesen Zugöffnungen wurde nie, wenigstens nicht für längere Zeit beobachtet. — Diesen Theil der Einrichtung trifft mithin lediglich der Vorwurf einer höchst ungleichmässigen Function, während der Luftverbrauch durch die Bewohner der Säle ein nahezu gleich fortdauernder ist. Man kann die von der Lunge eines Erwachsenen exspirirte Luft durchschnittlich per Minute zu 5 Liter annehmen.

Die Abzüge für die sogenannte verdorbene Luft sind am Boden der Säle angebracht, weil man bei der Anlage von der Voraussetzung ausging, die untern Schichten der Luft in den Sälen seyen eine verdorbenere Luft, als die obern. — Obwohl diese Annahme schon früher näher geprüft und als irrig erwiesen worden, so hielt ich es doch nicht für überflüssig, auch in dem vorliegenden Falle einige Untersuchungen darüber anzustellen. Um die Verderbniss der Luft durch Respiration

und Perspiration von Menschen zu beurtheilen, kann man sich vom Kohlensäuregehalt derselben sicher leiten lassen. Wir haben zwar kein Recht, anzunehmen, dass die Schädlichkeit der Luft überfüllter Räume lediglich von der Vermehrung der Kohlensäure herrühre, sondern sie hängt sicher auch von anderen Veränderungen der Athmosphäre, und wesentlich von der Beimischung organischer Stoffe durch Respiration und Perspiration ab, aber wir können nicht fehlen, wenn wir annehmen, dass die übrigen Schädlichkeiten aus derselben Quelle mit der Kohlensäure proportional gehen. — In der Gebäranstalt befindet sich ein Saal, 40 Fuss lang, 27 Fuss breit und 14 Fuss hoch, in welchem sich die Schwangern den grössten Theil des Tages aufhalten, in welchem sie arbeiten und essen. Dieser Saal besitzt keine Ventilation, musste desshalb am geeignetsten seyn, um die Frage zu entscheiden, wo, ob oben oder unten, die Luft abzuführen sey, falls man ihn ventiliren wollte. Die Luft einige Zolle über dem Boden und einige Zolle unter der Decke wurde auf ihren Kohlensäuregehalt untersucht. Diese Bestimmungen wurden nach der Methode ausgeführt, welche ich im Vorhergehenden näher beschrieben und von der ich im Verlaufe meiner Untersuchungen über Ventilation vielfach Gebrauch gemacht habe. Ich nahm in diesem Saale fast gleichzeitig Proben von der Luft am Boden an drei verschiedenen Punkten (in der Nähe der Thüre, in der Mitte, und an der der Thüre gegenüberstehenden Wand). Der Kohlensäuregehalt ergab sich zu

2,20
2,24
2,27

für 1000 Volumtheile Luft. Die Luft unmittelbar unter der Decke des Saales an zwei Punkten genommen, ergab auf 1000 Volumtheile 2,69 und
2,63

Kohlensäure. Das Hauptresultat dieser Versuche ist, dass die Mischung der Luft dieses Saales eine sehr gleichmässige war, dass sie in einer Höhe, in der der Mensch athmet, kaum einige Hunderttausendtheile von der Luft des Fussbodens und der Decke differiren konnte, und endlich dass, wenn man überhaupt auf die geringe Differenz im Kohlensäuregehalt der Luft des Saales ein Gewicht legen und dieselbe dort abführen wollte, wo sie einen etwas höhern Gehalt an Kohlensäure, eine etwas grössere Verunreinigung zeigt, man die Abführungsöffnungen nicht unten, sondern oben anbringen müsste. Bei der grossen Gleichmässigkeit der Luftmischung durch den ganzen Saal kann ich es zwar für keinen Nachtheil erklären, dass das Häberl'sche System die Abzüge unten anbringt, aber ich kann auch nicht der Hypothese das Wort reden, als könne man an irgend einem Punkte eine vorwaltend verdorbene Luftschichte erhaschen und von reineren trennen, am allerwenigsten aber zunächst am Boden. Die Ansicht von Häberl ist auch nicht in Folge beobachteter Thatsachen, sondern lediglich aus einem falschen theoretischen Raisonnement entstanden, indem er glaubte, dass sich die Gase nach ihrem spezifischen Gewichte schichteten, ähnlich wie Wasser und Oel. Eine solche Meinung mag zu Häberl's Zeiten für einen Laien in Physik und Chemie verzeihlich gewesen seyn — gegenwärtig muss sie jedem, der nur das Allgemeinste von dem Diffusionsbestreben der Gase, von dem Kohlensäuregehalt und der Temperatur der exspirirten Luft kennt, von vornherein als grundlos erscheinen. Die gedankenlosen und unwissenden Nachbeter Häberl's haben es aber bis zum heutigen Tage als einen wesentlichen Vortheil des Systems gepriesen, dass die schlechte Luft von unten gepackt werde.

Der Versuch wurde in einem ventilirten Saal wiederholt, nämlich im Saal Nr. 6, welcher mit fünf Wöchnerinnen und vier Neugebornen belegt war, an einem Tage, wo die

Ventilation sichtlich gut fungirte. Sechs Zoll vom Boden zeigte die Luft in 1000 Volumtheilen 0,38 und
0,39 Kohlensäure,
und zwei Fuss unter der Decke 0,68 und
0,74 Kohlensäure.
Es war also hier die untere Luftschichte reiner, als die obere. Die Luft am Boden zeigte 20,5° C., die an der Decke 21,3° C. Temperatur.

Auch aus rein theoretischen Gründen ergibt sich die Nothwendigkeit einer ziemlich gleichmässigen Mischung der Luft in bewohnten Räumen. Abgesehen von der Wirkung der Oefen und andern Ursachen ist jeder Mensch als warmer Körper ein Motor um die Mischung der Luftschichten zu begünstigen, denn an jedem menschlichen Körper bildet sich ein aufsteigender Luftstrom, der selbst mit dem Anemometer messbar ist, und fast an allen Wänden ein absteigender Strom. Diese fortwährende rotirende Bewegung der Luft in bewohnten Zimmern habe ich auf meiner Reise, welche ich auf Antrag der verehrlichen Commission und im Auftrage des kgl. Staatsministeriums des Innern zum Studium der Ventilationseinrichtungen in Paris unternahm, während eines kurzen Aufenthaltes in London sehr deutlich experimentell dargestellt gesehen. I. F. Campbell, Sekretär des General Board of Health hat die Strömungen in einem mit einem welschen Kamine geheizten Saale dadurch sichtbar gemacht, dass er an zahlreichen Punkten der Decke sehr dünne Stränge von Flockseide befestigte, ebenso an Stangen mit Queerarmen, die an verschiedenen Stellen des Bodens aufgestellt waren und bis nahe an die Zimmerdecke reichten. Die strahlende Wärme des Kamines wirkte weit heraus in den Saal und verursachte da einen lebhaften aufsteigenden Strom, der an den Wänden wieder herabfloss, um von Neuem aufzusteigen. Die Intensität dieses Stromes unter verschiedenen Umständen gibt Campbell als einen

Druck von 14 bis 30 Granen auf einen englischen Quadratfuss an.[1]

II.

Etwas complicirter als die Anlage für die abzuführende Luft ist die für die Zufuhr frischer Luft. Das neue Gebärhaus besteht aus einer östlichen und westlichen Reihe von Sälen; beide Reihen sind durch einen Corridor, dessen Richtung wesentlich von Süden nach Norden läuft, getrennt und verbunden. Am höchsten Punkte des Gebäudes in der Mitte des gemeinsamen Zinkdaches ist ein sechseckiger Thurm angebracht, in dessen Inneres die frische Luft zuerst durch Jalousieen in einen sogenannten Vorhof, dann durch grosse Wachstaffentventile in die sogenannte Luftkammer tritt. Um die Wirkungen eines zu heftigen Windes zu ermässigen, sind ausserhalb der Luftkammer noch bewegliche Jalousie-Schwingen angebracht, welche sich je nach der Geschwindigkeit des Windes mehr oder minder öffnen und schliessen sollen. Die Ventile sind Fensterrahmen, auf deren innerer Seite Blätter von Wachstaffent hängen, die an der dem Winde zugekehrten Seite des Thurmes gehoben werden, während dieselbe Kraft diese Ventile auf allen übrigen Seiten schliesst, indem sie dieselben an die mit weitem Drathgitter bespannten Rahmen innen andrückt. Von der Luftkammer aus laufen vier im rechten Winkel zusammenstossende weite viereckige Kanäle, so gross, dass man gebückt in denselben gehen kann; sie führen am untern Theil des Dachs in's Freie, und sind nach dieser Seite hin mit eben solchen Rahmen und Wachstaffentblättern, wie die Luftkammer, begränzt. Dieses hohle Kreuz hat den Namen: Grosse Luftarterien erhalten. Von der grossen innerhalb des Speicherraumes in der Richtung der Corridore von Süd nach Nord verlaufenden Arterie zweigen sich nun sowohl für die östliche als die westliche Saalreihe Seiten-

[1] Henry Roscoe — Some chemical facts, respecting the atmosphere of Dwelling Houses. Quarterly Journal of the Chemical Society.

Arterien ab, welche die frische Luft nach den Sälen führen. Zwei unmittelbar über einander liegende Säle des ersten und zweiten Stockwerks werden aus ein und derselben Seitenarterie gespeist, welche zu diesem Behufe herabgeführt ist bis in das Hochparterre, wo sie sich abermals in zwei Zweige spaltet, welche nun aufwärts, der eine nach dem Saal des ersten, der andere nach dem des zweiten Stockes führt. In den Saal tritt die Luft unmittelbar an der unteren Peripherie des Ofens. Die Oefen sind rund und von Gusseisen. Sie werden von den Corridors aus geheizt, von wo aus gut schliessende Thüren zu ihnen führen. Die zur Verbrennung nöthige Luft beziehen sie grösstentheils aus den Sälen, wie ad I. bereits bemerkt worden ist. Rings um den gusseisernen Ofen ist ein nach oben offener Mantel von Thon angebracht, der einen Zwischenraum für die aus den Luftarterien einströmende und zu erwärmende Luft lässt. Auf diese Weise gehen auf der östlichen Seite 6, auf der westlichen 4 Seitenarterien herab, welche zusammen 12 Säle auf der östlichen, und 8 Säle auf der westlichen Hälfte des Gebäudes ventiliren. Jede Seitenarterie ist im Hochparterre der Beobachtung zugänglich gemacht, indem Doppelthürchen mit Glasfenstern angebracht sind. Die an diesem Punkte von den Seitenarterien nach den einzelnen Sälen gehenden Zweigarterien sind mit hölzernen Schiebern verschliessbar, so dass man die frische Luft nach Belieben nur nach dem entsprechenden Saale des ersten oder zweiten Stockes strömen lassen kann. — Um die Bewegung der Luft in den Zweigarterien zu sehen, bediente ich mich mehrerer etwa 1 Quadratzoll grosser Flecke aus leichtem Papier, die an einen Faden gereiht waren; dieser Faden wurde an dem geöffneten Schieber der Zweigarterie in der Art befestigt, dass die Papierflecke frei in der Luft schwebten, und diese zeigten nun mit Sicherheit die Richtung des Luftstromes an, nämlich

1) ob der Zug von der Seitenarterie herab und durch

die Zweigarterien hinauf (mehr oder weniger) nach den Sälen ging, oder

2) ob er stille stand, oder

3) ob er aus den Sälen durch die Zweigarterien herab und durch die Seitenarterien hinauf in die grosse Arterie und durch diese in den Luftthurm ging. Die erste Bewegung werde ich fortan mit Plus (+), die zweite mit Null (0), die dritte mit minus (—) bezeichnen.

Vom 1. bis inclus. 8. April wurden die Beobachtungen über die Bewegungen der Luft in sämmtlichen Zweigarterien angestellt. Wenn sich eine sehr schwache, kaum merkbare + oder — Bewegung zeigte, so wurde sie zwar notirt; ich habe sie aber bei der Zusammenstellung stets als 0 angenommen. Nebenbei wurde die Temperatur der Luft in den Sälen, die Temperatur der Luft in den Seitenarterien und am nördlichen und südlichen Ende der Hauptarterie, sowie die Temperatur auf der nördlichen und südlichen Hälfte des Speichers und des Corridors im Hochparterre aufgeschrieben. Ebenso wurde auch grösstentheils die Temperatur des untern und obern Theiles des Speichers notirt, ebenso ob die Säle leer oder belegt, ob die Fenster in denselben offen oder geschlossen waren. Die Thermometer verblieben stets an ihren Plätzen und waren zuvor verglichen.

Um alle diese Aufzeichnungen zu machen verging in der Regel eine Zeit von 45 bis 55 Minuten. Es wurden 11 Beobachtungen auf diese Art vollständig durchgeführt, und zwar

a) am 1. April 1857 Vormittags 10 Uhr,
b) „ 1. „ „ Nachmittags 5 Uhr 45 Minuten,
c) „ 2. „ „ Mittags 12 Uhr,
d) „ 2. „ „ Nachmittags 4 Uhr,
e) „ 2. „ „ Abends 6 Uhr 30 Minuten,
f) „ 3. „ „ Mittags 12 Uhr,
g) „ 4. „ „ Vormittags 10 Uhr,

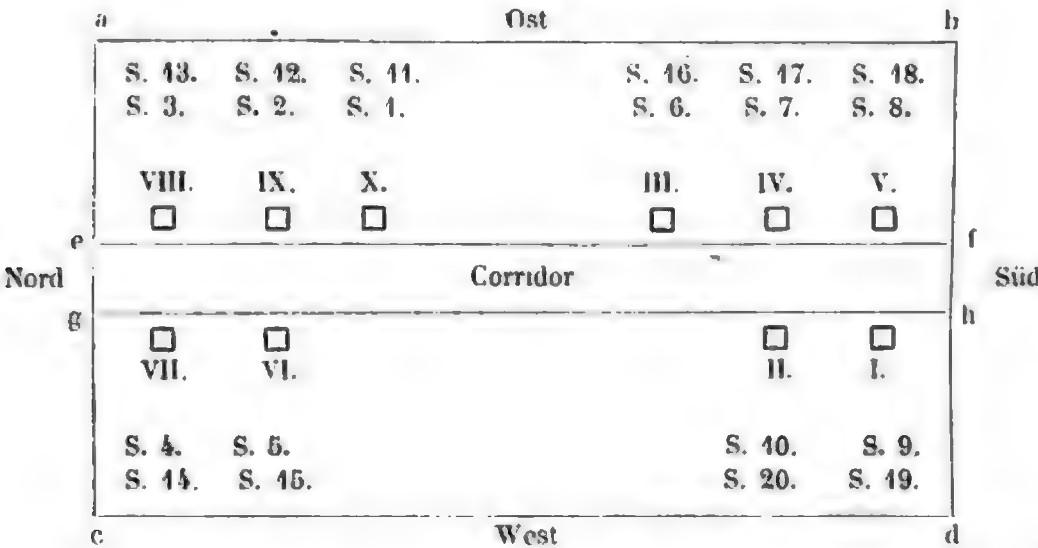
h) am 5. April 1857 Nachmittags 5 Uhr,
i) „ 6. „ „ Mittags 12 Uhr,
k) „ 7. „ „ Nachmittags 4 Uhr,
l) „ 8. „ „ Mittags 12 Uhr.

Die folgende Tabelle enthält die Temperaturverhältnisse der äussern Luft in diesen 8 Tagen, nach Beobachtungen des Herrn Professors Kuhn, welcher so freundlich war, mir dieselben mitzutheilen:

April.

	Temper. in R.°			Tag-Max.	Nacht-Min.
1.	8″ M. : 6.0	12″ M. : 8.0°	4″ Ab. 9.9°	10.0	2.0
2.	8″ 5.0	„ 10.3	„ 12.0	12.5	4.0
3.	„ 8.0	„ 8.8	„ 9.9	10.5	4.0
4.	„ 8.0	„ 12.0	„ —	13.5	2.0
5.	—	„ 13.2	„ —	15.0	4.0
6.	„ 9.0	„ 14.0	„ 14.0	15.5	7.0
7.	„ 7.8	„ 8.3	„ 9.2	9.5	7.5
8.	„ 9.9	„ 12.0	„ 13.0	13.5	4.0

Zum leichtern Verständniss erlaube ich mir, die folgende Zeichnung beizusetzen.



Das Rechteck abcd sey der Grundriss des Hochparterres, efgh der zwischen der östlichen und westlichen Saalreihe befindliche Corridor. Senkrecht auf dieser Grundfläche

steigen die Seitenarterien I bis X (mit circa 1 □ Fuss Querschnitt) herab, und theilen sich da in die Zweigarterien, welche aufwärts in die darüber befindlichen Säle führen, so dass z. B. die Seitenarterie I Zweige nach den Sälen 9 und 19 schickt, die Seitenarterie V nach den Sälen 8 und 18. — Jede Seitenarterie hat somit zwei Zweige, den einen nach dem Saal im ersten, den andern nach dem Saal im zweiten Stockwerk. Die Säle mit höherer Nummer liegen stets im obern Stockwerke.

In der beiliegenden lithographirten Darstellung sind die Zweigarterien nach den 10 Seitenarterien, denen sie entstammen, gruppirt. Neben der römischen Ziffer der Seitenarterien stehen die Nummern der beiden Säle, die jede versorgt, welche zugleich als Nummern der Zweigarterien dienen können. Jeder Seitenarterie sind 3 Linien mit der Bezeichnung Plus, Null und Minus beigesetzt, um die Bewegung der Luft anzuzeigen, und diese Linien sind in 11 Abschnitte a bis l getheilt, entsprechend den 11 vollständigen Beobachtungen. Je nachdem die Bewegung in einer Zweigarterie +, 0 oder — ist, wird ein Punkt auf die betreffende Linie gesetzt, und diese Punkte zuletzt unter sich verbunden. Um die beiden aus je einer Seitenarterie aufsteigenden Zweige zu unterscheiden, wurden die Punkte für den nach den Sälen im ersten Stocke führenden Zweig stets mit ganzen Linien, die Punkte für den Zweig des zweiten Stockes mit punktirten Linien verbunden.

Stellt man nun die Ergebnisse der Beobachtungen in den 20 Zweigarterien zusammen, wie viel Plus, Minus oder Null Bewegungen jederzeit beobachtet wurden, so hat man:

Beobachtung.	Luftbewegung.		
	Plus.	Minus.	Null.
a	16	3	1
b	4	3	13
c	16	1	3
d	14	1	5
e	7	4	9
f	14	6	—
g	9	6	5
h	13	5	2
i	14	1	5
k	15	5	—
l	6	3	11
Summa	128	38	54

Diese 220 Beobachtungen (binnen 8 Tagen ausgeführt) ergeben auf Procente berechnet:

58,2 Plus-
17,2 Minus-
24,6 Null-Bewegung.

Nach diesem Resultat muss die Ventilation des neuen Gebärhauses als unbrauchbar erklärt werden; denn nicht nur, dass bloss 58mal in hundert Fällen der Strom der Luft in der Richtung, die er haben sollte, ging, dass mithin nur 58mal der Saal frische Luft bald in grösserer, bald geringerer Menge empfing, und sonst Stillstand gewesen wäre, sondern die Luft bewegte sich in 100 Fällen 17mal gerade in verkehrter Richtung und der betreffende Saal verlor durch die Zweigarterie Luft in die Seitenarterie, von wo sie entweder nach der Zwillings-Zweigarterie, oder nach der Hauptarterie und von da wieder in andere Säle strömen konnte. Dieses Umkehren des Zuges hat von Anfang an die Aufmerksamkeit der Beamten des Hauses und der Bautechniker auf sich gezogen, und allerlei fruchtlose Versuche zur Beseitigung des Uebelstandes hervorgerufen. Es trat unter Umständen

so bedeutend ein, dass die Säle nur mit Mühe erwärmt werden konnten, denn die Luft strömte vom Saale zwischen dem heissen Ofen und seinem Mantel mit solcher Geschwindigkeit abwärts nach den Arterien, dass in diesen die Temperatur oft weit über 30 Grade stieg. Am 26. März 1857 beobachtete ich in der Arterie I, Zweigröhre zu Saal 9, der mit 6 Wöchnerinnen belegt war, verkehrten Zug und eine Temperatur von 32° R., bei einer Temperatur der äussern Luft von 4° R. Die Temperatur oben im Luftthurme war gleichfalls auf 20° R. gestiegen und alle Ventile schlossen sich. Ich öffnete ½ Stunde lang die Thürchen der Arterie, wo Luft vom Corridor des Hochparterres durch die Zweigarterie nach dem Saale 9 und zugleich durch die Seitenarterie I nach dem Luftthurme strömte, wodurch dieser sich abkühlte, der Saal aber sich erwärmte, weil nun die Luft über den heissen Ofen in den Saal strömte. — Auf mein Befragen, was man bei ähnlichen Vorkommnissen gethan, konnte ich keine genügende Auskunft erhalten; — ich erfuhr nur, dass es sich über Nacht oft geändert, und zwar regelmässig, wenn sich ein lebhafter Wind aus irgend einer Richtung erhob. Da wir gewohnt sind, an einem heissen Ofen im Zimmer die Luft aufsteigen zu sehen, hier aber der umgekehrte Fall vorlag, so schien es mir nicht uninteressant, die Erscheinung näher zu untersuchen. Der nächste Gedanke ist, eine Abhängigkeit von der Differenz der Temperatur der freien Atmosphäre und der Temperatur der Säle anzunehmen. Der Wärmezustand der äusseren Luft ist aus den obigen Angaben des Herrn Professors Kuhn ersichtlich. Die Temperatur der belegten Säle schwankt zwischen 16 und 19° R. Die Temperatur der leeren Säle, theils bei offenen, theils bei geschlossenen Fenstern, schwankt zwischen 8½ und 12½° R. in den einzelnen Fällen. In der Temperatur der äussern Luft und der Säle lassen sich keine Anhaltspunkte für die Erklärung der verschiedenen Richtung der

Luft in den einzelnen Zweigarterien finden. So waren z. B. bei der Beobachtung a) am 1. April

Arterie	I	Saal	9	und	19	die	Temperatur	18° R.		
"	II	"	10	"	20	"	"	19¼	und	17½° R.
"	III	"	6	"	16	"	"	17	"	11 "
"	IV	"	7	"	17	"	"	12	"	11½ "
"	V	"	8	"	18	"	"	11	"	17½ "
"	VI	"	5	"	15	"	"	11	"	18 "
"	VII	"	4	"	14	"	"	13½	"	17½ "
"	VIII	"	3	"	13	"	"	10	"	17 "
"	IX	"	2	"	12	"	"	9	"	9 "
"	X	"	1	"	11	"	"	12	"	9½ "

In den verhältnissmässig kalten Sälen Nro. 2 und 12 zeigt sich Plus-Zug, in den 18° R. warmen Sälen 9 und 19 gleichfalls, während sich in den verhältnissmässig gleich temperirten Sälen 7 und 17 bei 12 und 11½° R. für den ersteren ein Minus-, für den zweiten ein Plus-Zug ergibt. Die Säle 5 und 15 zeigten Minus, während ihre Temperatur 11 und 18° R. betrug. Eben so resultatlos bleibt eine Vergleichung der Temperatur des Corridors, des Speichers, des Luftthurmes etc.

Wesentlichere Unterschiede zeigen sich, wenn man die Beobachtungen in Vormittags-, Mittags- und Nachmittagsbeobachtungen scheidet.

Die Vormittagsbeobachtungen ergeben	62,5	Procente	Plus,
	22,5	"	Minus,
	15	"	Null.
Die Mittagsbeobachtungen ergeben . .	62,5	"	Plus,
	13,75	"	Minus,
	23,75	"	Null.
Die Nachmittagsbeobachtungen ergeben	47,5	"	Plus,
	16,25	"	Minus,
	36,25	"	Null.

Man sieht, vom Morgen bis zum Abend nehmen die Plus-Bewegungen durchschnittlich ab, während Null steigt.

Wesentliche Unterschiede ergeben sich auch, wenn man das Gebäude nach Himmelsgegenden theilt. Die Arterien I bis V versorgen die südliche, und VI bis X die nördliche Hälfte des Hauses.

Auf der südlichen Hälfte ergeben sich	51,8	Proc.	Plus,
	20	„	Minus,
	28,2	„	Null.
Auf der nördlichen Hälfte ergeben sich	64,5	„	Plus,
	14,5	„	Minus,
	21	„	Null.

Auf der nördlichen Hälfte des Gebäudes geht die Ventilation somit wesentlich besser, als auf der südlichen.

Weniger Unterschied besteht zwischen der östlichen und westlichen Hälfte des Hauses in dieser Beziehung. Zur östlichen Hälfte gehören die Arterien III, IV, V, VIII, IX und X.

Sie ergeben	59,8	Proc.	Plus,
	15,9	„	Minus,
	24, 3	„	Null.

Für die westliche Hälfte (Arterien I, II, VI und VII) ergeben sich:

55,6	Proc.	Plus,
19,3	„	Minus,
25,1	„	Null.

Gemäss den Notirungen liess sich auch untersuchen, ob es einen merklichen Einfluss auf den Gang der Luft in den Zweigarterien habe, wenn die Fenster der Säle geschlossen oder geöffnet waren. Bei geschlossenen Fenstern wurde in 137 Fällen beobachtet, und bei geöffneten in 83 Fällen. Das Ergebniss war folgendes:

Bei geschlossenen Fenstern	60,5	Proc.	Plus,
	17,5	„	Minus,
	22,0	„	Null.
Bei geöffneten Fenstern	54,2	„	Plus,
	16,8	„	Minus,
	29	„	Null.

Die offenen oder geschlossenen Fenster haben somit nur einen geringen Einfluss auf Plus und Null, aber keinen auf Minus gezeigt.

Theilt man die Beobachtungen nach den Sälen des ersten und zweiten Stockwerks, so treffen auf jedes Stockwerk 110 Beobachtungen und es zeigen sich:

Erster Stock.			Procent	Zweiter Stock.			Procent
Plus 55	südl. Hälfte	25	= 50.	Plus 73	südl. Hälfte	32	= 66,2.
	nördl. „	30			nördl. „	41	
Null 36	südl. Hälfte	21	= 32,7.	Null 18	südl. Hälfte	10	= 16,3.
	nördl. „	15			nördl. „	8	
Min. 19	südl. Hälfte	9	= 17,3.	Min. 19	südl. Hälfte	13	= 17,5.
	nördl. „	10			nördl. „	6	

Im zweiten Stockwerke funktionirt somit derselbe Apparat besser, als im ersten.

Eine besondere Beachtung verdient noch das merkwürdige Verhältniss, dass die beiden Zweigarterien, welche je einer Seitenarterie angehören, manchmal entgegengesetzten Zug zeigen. Ich halte dieses in sanitätischer Rücksicht für einen der wichtigsten Punkte, denn bei solchen Gelegenheiten kommt es vor, dass sich die Luft eines Saales direct in einen andern entleert. Mit Ausnahme zweier Seitenarterien wurde dieser gleichzeitige Plus- und Minus-Zug in den beiden Zweigen derselben bei allen beobachtet. Aus der obigen graphischen Darstellung über die Bewegung in den einzelnen, von den X Seitenarterien abgehenden Zweigen ist leicht zu ersehen, wie oft dieses Verhältniss eingetreten ist. Bei der Arterie I, welche ihre Zweige nach den Sälen 9 und 19 schickt, ist es nie vorgekommen, dass ein Zweig entschieden Plus und der andere entschieden Minus gezeigt hätte. Höchstens kommt vor, dass die Luft in einem Zweige ruhig war, während sie im andern eine Plus- oder Minus-Bewegung zeigte. Bei der Arterie IV aber zeigt sich diese

entgegengesetzte Strömung dreimal, bei der Beobachtung a, b und f. In den drei Fällen strömte die Luft aus dem untern Saale 7 nach dem obern 17. Doch trifft sich auch das umgekehrte Verhältniss. Ich fand solche Fälle von entgegengesetztem Zug oder, deutlicher ausgedrückt, von directer Entleerung der Luft eines Saales in einen andern bei 11 Beobachtungsreihen 14mal, und zwar in den Zweigen der

Arterie	II	1 mal	südliche Hälfte des Gebäudes 7 mal;
„	III	2 „	
„	IV	3 „	
„	V	1 „	
„	VII	1 „	nördliche Hälfte des Gebäudes 7 mal.
„	VIII	1 „	
„	IX	3 „	
„	X	2 „	

Darunter trifft sichs 10 mal, dass von den beiden mit einer Seitenarterie communicirenden Sälen der eine die Fenster geschlossen, der andere offen hatte, und 4 mal, dass diese Communication bei beiderseitig verschlossenen Fenstern vor sich ging. — Dass ein Saal mit offenen Fenstern sich durch die Zweig-Arterien in einen Saal mit geschlossenen Fenstern entleerte, wurde 6 mal beobachtet, das Umgekehrte, dass ein Saal mit geschlossenem Fenster sich in einen mit offenem entleerte, 4 mal. Die Entleerung des untern Saales in den darüber liegenden wurde 10 mal, das Umgekehrte 4 mal beobachtet. Zugleich ist noch auffallend und ohne Zweifel nicht zufällig, dass die entgegengesetzte Strömung in den mit den Arterien IV und IX zusammenhängenden Zweigen am öftesten vorkam. Die Seitenarterie IV liegt unmittelbar zwischen III und V, ebenso wie IX zwischen VIII und X an correspondirenden Theilen des Hochparterres. (Siehe oben den Grundriss des Hochparterres.)

Ich will mich vorläufig nicht mit der Erklärung dieser Thatsachen befassen, sondern werde eine solche erst später

wenigstens theilweise versuchen, namentlich wenn ich die Resultate der Beobachtungen im allgemeinen Krankenhause werde mitgetheilt haben. Einstweilen genüge es, die Wahrnehmungen gemacht zu haben. Sie werden jedem die Ueberzeugung aufdrängen, dass die Bewegung der Luft in einem Hause ein höchst complicirtes Phänomen seyn müsse, welches erst durch fortgesetzte genaue Studien uns zugänglich werden wird.

In Folge meiner Beobachtungen über den Ventilationsapparat im neuen Gebärhause dürfte eine quantitative Untersuchung seiner Leistung vollkommen überflüssig erscheinen, da es nichts nützen würde, wenn sich ergäbe, dass zu gewissen Zeiten eine hinreichende Menge frischer Luft zugeführt wird, nachdem constatirt ist, dass diese Zufuhr hie und da (unter 100 beobachteten Fällen etwa 25 mal) gänzlich stockt, ja dass sie sich sogar nicht selten (unter 100 beobachteten Fällen 17 mal) ins gerade Gegentheil umkehrt.

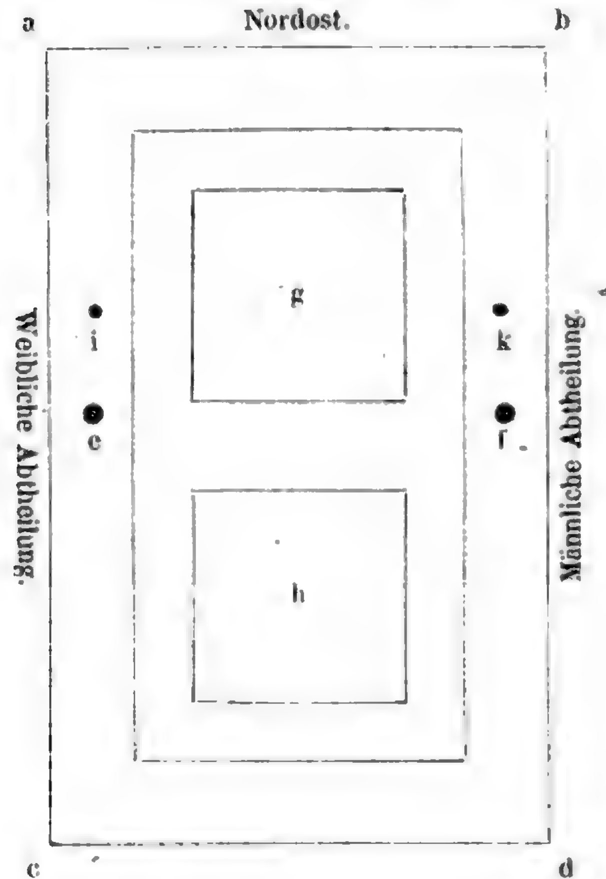
Zu erwähnen habe ich noch, dass während der Dauer meiner Beobachtungen im neuen Gebärhause mehrere Versuche gemacht wurden, den Gang der Ventilation besser zu regeln. Man glaubte namentlich, eine Vergrösserung des Zwischenraumes zwischen den gusseisernen Oefen und ihren Thonmänteln, in welchem die frische Luft in die Säle strömt, würde Abhülfe schaffen: man trug sich mit einer verworrenen Vorstellung von Spannung der Luft zwischen Ofen und Mantel, in Folge deren sie hie und da unter unbekannten Nebenumständen lieber den verkehrten Weg gehe, und man beschloss die Abänderung der Oefen im ganzen Hause. Um meine Ansicht befragt, konnte ich auf meine Beobachtungen gestützt nur die Erklärung abgeben, dass dieser kostspielige Versuch nicht das mindeste Resultat haben könne. Der dirigirende Arzt behandelte übrigens dieses technische Object wie einen Patienten, dem man jedenfalls etwas verschreiben müsse, und verordnete die Abänderung

der Oefen als kostbare Arznei. Vom Erfolg dieser Cur hat sich die sehr verehrliche Commission bei einem Besuche, den sie Mitte April in pleno im Gebärhause abstattete, selbst überzeugt. — Nach einer kurzen Besprechung führte uns der Director der Anstalt in die Säle, und an den obern Oeffnungen der Thonmäntel zeigte sich überall ein Einströmen von Luft. Diese gleichmässige Plus-Bewegung setzte mich in grosses Erstaunen, da ich dieselbe nie so durchgehends gefunden hatte. Ich veranlasste die Commission, in den Corridor des Hochparterres zu gehen, und es fand sich, dass alle Thürchen zu den Seitenarterien in Angel geöffnet standen, dass somit die in die Säle einströmende Luft nicht vom Luftthurme herab, sondern lediglich vom Corridor des Hochparterres hinauf kam, und der Ventilationsapparat gänzlich ausser Funktion gesetzt war. Als die Thürchen sämmtlich geschlossen und durch die Fenster derselben beobachtet wurde, zeigte sich, dass die Luft in einer grossen Anzahl der Zweigarterien stille stand, in einigen verkehrt, in andern richtig strömte. Der Director erklärte, nicht zu wissen, wer die Thürchen im Corridor mittlerweile geöffnet habe.

2. Ventilation des allgemeinen Krankenhauses in München.

Da nun feststand, dass man bei dem Häberl'schen Ventilationssysteme nicht stehen bleiben könne, so beschloss die sehr verehrliche Commission auf Antrag ihres Vorsitzenden, bei dem kgl. Staatsministerium des Innern zu beantragen, mich zur Einsichtnahme der Ventilationseinrichtungen mehrerer Spitäler nach Paris zu schicken. Einem desshalb erfolgten Allerhöchsten Auftrage unterzog ich mich um so lieber und schleuniger, als in Paris eben mehrere Ventilationsmethoden in Ausführung gekommen und genauen

vergleichenden wissenschaftlichen Untersuchungen unterworfen worden waren. Ich wollte bei dieser Gelegenheit nicht versäumen, auch die Ventilationsvorrichtungen, die man in London in Gebrauch hatte, zu besichtigen, obwohl mein Commissorium sich zunächst nur auf Paris bezog. Ehe ich meine auf dieser Reise gemachten Erfahrungen der sehr verehrlichen Commission mittheile, erlaube ich mir, die nach meiner Zurückkunft durchgeführte Untersuchung über die Häberl'sche Ventilation im allgemeinen Krankenhause mitzutheilen. Während ich mich auf meiner Reise befand, die von Ende April bis Anfang Juni dauerte, hatte mein Assistent, Herr Georg Feichtinger, den Auftrag, die Bewegung der Luft in den Kanälen des allgemeinen Krankenhauses in ähnlicher Weise zu verfolgen, wie ich es im neuen Gebärhause gethan hatte. Um diess an verschiedenen Punkten thun zu können, mussten mehrere Kanäle sowohl für die abziehende sogenannte verdorbene Luft, als auch für die zuströmende frische Luft aufgebrochen und mit Thürchen und Glasfenstern versehen werden. Die Disposition des Apparates bei übrigens ganz gleichem Principe ist im allgemeinen Krankenhause etwas verschieden von der im Gebärhause. Das allgemeine Krankenhaus besteht wesentlich aus zwei parallelen Flügeln, die von Nordost nach Südwest sich erstrecken. Sie sind an drei Punkten, am Anfang, in der Mitte und am Ende mit Querbauten verbunden, wodurch zwei Höfe gebildet werden.



Der vorstehende Grundriss macht keinen Anspruch auf relativ genaue Maasse; er soll nur die Lagerung der Theile versinnlichen. Auf den Seiten ac befinden sich die Säle für die weiblichen, auf bd für die männlichen Kranken, und zwar in drei über einander liegenden Etagen, im Erdgeschoss, im ersten und im zweiten Stockwerk. Die Corridore liegen sämmtlich nach den Höfen g und h. Ueber dem zweiten Stockwerk erhebt sich das Dachwerk; die Bedachung selbst ist nicht Metall, wie im Gebärhause, sondern Ziegel. Ueber dem Dache an den Punkten e und f erheben sich die von einander unabhängigen Luftthürme mit ihren sogenannten grossen Luftarterien längs der Flügel, wesentlich genau so, wie im Gebärhause eingerichtet; für je drei über einander liegende Säle geht eine Seitenarterie ab, welche als viereckiger Kanal in der Mittelwand zwischen Corridor und den Sälen in's Erdgeschoss führt, dort unter dem Pflaster nach dem Mantelofen geht und in ähnlicher Weise, wie

im neuen Gebärhause, zwischen Ofen und Mantel Luft in die Säle bringt. Die Oefen im allgemeinen Krankenhause sind anders als im Gebärhause; in letzterem hat jeder Saal seinen eigenen Ofen, während im allgemeinen Krankenhause ein Ofen drei über einander liegende Säle zu heizen hat. Der Ofen ist nämlich eine colossale gusseiserne Röhre, welche sich durch die drei Etagen hinauf fortsetzt und im Erdgeschosse geheizt wird. Sie ist mit einem Mantel umgeben, der in den Sälen an verschiedenen Stellen in der Form von Zierrathen durchbrochen ist, durch welche die zwischen Mantel und Ofen strömende frische Luft in die Säle tritt. Der Abzug der sogenannten schlechten Luft ist am Boden jedes Saales, wie im Gebärhause, geht aber nur aus den Sälen des Erdgeschosses direkt in das Ofenhaus und den Kamin, während aus den Sälen der obern Stockwerke dieselbe durch Kanäle in den Seitenwänden abwärts gesaugt werden muss, bis sie sich in den horizontalen Abführungskanal des Saales im Erdgeschoss ergiesst und dann nach Ofen und Kamin strömt. Die Anlage im Krankenhause ist die ältere und noch von Häberl selbst bereits vor 46 Jahren ausgeführt. Die Anlage im Gebärhause ist neusten Datums, und wurde mit Benützung der Erfahrungen im allgemeinen Krankenhause nach den Angaben des Hrn. Director Dr. Anselm Martin und des Hrn. Krankenhausinspectors Thorr mit, wie man erwartete, wesentlichen Verbesserungen ausgeführt, wofür namentlich gehalten wurde, dass jeder Saal seinen eigenen Abfluss und theilweise auch seinen eigenen Zufluss für die Luft erhielt. — Zur Beobachtung wählte ich eine Arterie auf der männlichen, und eine auf der weiblichen Abtheilung, nebst den Abzügen für die verdorbene Luft in den entsprechenden Sälen. Es waren auf der männlichen Abtheilung die Säle 4, 15 und 22, auf der weiblichen die Säle 31, 42 und 49. Ihre Lage ist beiläufig an den Punkten i und k des vorstehenden Grundrisses zu ersehen.

Vom 13. Mai bis 5. Juni machte Herr Feichtinger 108 Beobachtungen über das Zuströmen der frischen Luft und 108 Beobachtungen über das Abströmen der sogenannten verdorbenen Luft. Das Resultat ähnelt dem vom Gebärhause, mit dem Unterschiede, dass das Zuströmen der frischen Luft etwas constanter war, als im Gebärhause, hingegen das Abströmen der verdorbenen Luft viel unvollkommener sich erwies. Ich umgehe es, die Resultate im Einzelnen aufzuführen, da man einwenden kann, es sey die Zeit nicht mehr geeignet gewesen, ein Ventilationssystem zu prüfen, dessen Princip theilweise auf einer grösseren Differenz der Temperatur der freien Luft und der Säle gegründet war, denn es war die ganze Zeit über sehr warme Witterung, so dass am 22. Mai Nachmittags 3 Uhr bereits eine Temperatur von 22° R. im Freien war und man die Fenster offen haben konnte. Ich beschloss desshalb, die kältere Jahreszeit abzuwarten, und hoffte bis dahin auch im Besitze der Anemometer, welche ich bei Mechanikus Neumann in Paris bestellt hatte, zu seyn, um die Versuche über die Bewegung der Luft auch gleich quantitativ ausführen zu können.

Als ich am 10. November in den Besitz zweier Anemometer von Neumann endlich gelangte, begann ich am 16. November meine Untersuchungen. Diese Anemometer sind höchst empfindliche Windflügel, deren Umdrehungen durch ein Uhrwerk gezählt werden. Um aus der Zahl der Umdrehungen auf die wirkliche Geschwindigkeit des sie bewegenden Windes schliessen zu können, wird jedes Instrument dadurch titrirt, dass man es mit bekannter Geschwindigkeit in einer ruhigen Luft bewegt, und dadurch die Trägheit der Windflügel und den Widerstand des Uhrwerkes ermittelt. Nach diesen Untersuchungen wird jedes Instrument mit einer Formel versehen, woraus die Geschwindigkeit berechnet werden kann. Das eine Instrument Nr. 145 hat die Formel $V = 0{,}130^{m} + 0{,}090^{m} \times n.$

V ist die Geschwindigkeit in einer Sekunde, und n die Anzahl der Umdrehungen der Flügelaxe in derselben Zeit. Dieses Instrument ist bereits anwendbar bei einer Geschwindigkeit der Luft von $^1/_5$ Meter in der Secunde, und widersteht noch einer Geschwindigkeit von 15 Meter. Das andere Instrument, Nr. 155, ist noch empfindlicher, widersteht aber nicht so grossen Geschwindigkeiten, wie das erstere. Seine Formel ist

$$V = 0{,}120^m + 0{,}102^m \times n.$$

Die Instrumente sind vortrefflich gearbeitet und machen sehr übereinstimmende Angaben. Sie sind fast für alle quantitativen Untersuchungen über Ventilation unentbehrlich. Sie lassen sich in Kanälen und Röhren von nur 6 Zoll Durchmesser anbringen, und das Zählwerk mittelst Schnüren auf $^1/_4$ Secunde genau leicht ein- und auslösen, ohne dass man den Kanal zu öffnen und den Zug zu stören nöthig hätte.

Zu meinen Beobachtungen wählte ich die bereits oben erwähnten Luftarterien, deren eine auf der männlichen Abtheilung die Säle 4, 15 und 22, die andere auf der weiblichen Abtheilung die Säle 31, 42 und 49 versorgt. Ich experimentirte auf beiden Seiten wesentlich nur im ersten Stockwerke, sohin im mittleren Theil. Den Abzug der sogenannten verdorbenen Luft beobachtete ich anemometrisch in den Sälen im Erdgeschosse und im ersten Stocke. Die Geschwindigkeit der Luft in den Kanälen bestimmte ich stets an dem günstigsten Punkte, so dass die Zahlen noch etwas höher ausfielen, als der Wirklichkeit entspricht. Es folgen nun drei Tabellen, welche das Wesentlichste der Beobachtungen im allgemeinen Krankenhause enthalten,

1) über den Luftzufluss zu den drei Sälen der männlichen Abtheilung,

2) zu den drei Sälen der weiblichen Abtheilung und

3) über den Luftabzug aus den Sälen der männlichen Abtheilung.

1) Beobachtungen über den Luftzufluss auf der südlichen (männlichen) Abtheilung zu den Sälen Nr. 4, 15 und 22.

Tag der Beobachtung.	Tageszeit.	Temperatur der Luft im Freien.	Temperatur der Luft im Kanal.	Geschwindigkeit der Luft per Sekunde in Metern.	Querschnitt des Luftkanals in Quadrat-Metern.	Luftmenge per Stunde in Kubik-Metern.
		° R.	° R.			
1857.						
16. Nov.	11 Uhr Vorm.			0,1768	0,143	91,008
17. "	Mittags.	2	8	0,0159	—	8,172
	Einige Minuten später.			0	—	0
18. "	Vormittags.	2	8	0,3937	—	202,680
				0,6655	—	342,720
				0,6799	—	349,938
	Nachmittags.			0,5548	—	285,264
				0,7402	—	381,028
				0,7924	—	407,163
19. "	Vormittags.		8	0	—	0
				— 0,0159	—	— 8,172
21. "	"		5	0,5881	—	302,454
23. "	"	2	4	0,6844	—	352,122
				0,6899	—	354,990
	Nachm. 3 Uhr.		4½	0,6682	—	343,981
				0,6142	—	316,09
	5 Uhr.			0,6199	—	319,104
26. "	Nachmittags.			0,7294	—	375,480
27. "	Vormittags.	2	6	0,5593	—	287,928
				0,4945	—	254,571
	Nachmittags.	1	6½	0,6592	—	339,372
				0,6295	—	324,072

2) Beobachtungen über den Luftzufluss auf der nördlichen (weiblichen) Abtheilung zu den Sälen Nr. 31, 42 und 49.

Tag der Beobachtung.	Tageszeit.	Temperatur der Luft im		Geschwindigkeit der Luft per Sekunde in Metern.	Querschnitt des Luftkanals in Quad.-Metern.	Luftmenge per Stunde in Kubik-Metern.
		Freien.	Kanal.			
		° R.	° R.			
1857.						
17. Nov.	Mittags.	2	8	0,3535	0,143	182,160
				0	—	0
				minus	—	minus
18. „	Vormittags.	2	4	0,7942	—	408,852
				0,7969	—	410,256
				0,8671	—	446,400
20. „	„		4	0,6934	—	357,12
21. „	„		4½	0,6088	—	313,452
				0,6610	—	314,282
27. „	„	2	6	0,7186	—	369,936
				0,6961	—	358,352
	Nachmittags.	1	4¾	0,7780	—	400,514
				0,8275	—	425,997

3) Beobachtungen über den Luftabfluss auf der südlichen Abtheilung aus den Sälen Nr. 4, 15 und 22.

Tag der Beobachtung.	Tageszeit	Temperatur der Luft im		Geschwindigkeit der Luft per Sekunde in Metern.	Querschnitt des Luftkanals in Quad.-Metern.	Luftmenge per Stunde in Kubik-Metern.
		Freien.	Kanal.			
			° R			
1857.						
5. Dez.	Vormittags.	II. Etage	18	0,139	0,129	64,620
		I. „	17	0	—	0
		I. „	—	0	—	0
9. „	Nachmittags.	I. „		0,274	—	127,26
		II. „		0,265	—	123,12

Aus diesen Thatsachen ersieht man zur Evidenz, dass der Luftzufluss auf beiden Flügeln ein sehr unregelmässiger ist, obwohl bei weitem regelmässiger, als er sich aus den Beobachtungen im Gebärhause ergab. Stillstand (Null) und verkehrten Zug (Minus) beobachtete ich verhältnissmässig selten, doch kam es auf beiden Seiten vor. Wenn man die an gleichen Tagen auf der männlichen und weiblichen Abtheilung gemachten Beobachtungen vergleicht, so ergibt sich, dass die nördlich gelegene (weibliche) Abtheilung einen stärkern Zufluss hat, als die südlich gelegene (männliche). Dieses Ergebniss ist dem im Gebärhause ganz analog. Die grösste beobachtete Geschwindigkeit auf der südlichen Seite ist 0,792 Meter per Secunde, was für einen Querschnitt von 0,143 Quadratmeter berechnet per Stunde einer Luftmenge von 407 Kubikmetern entspricht. Auf der nördlichen Abtheilung war die höchste Geschwindigkeit 0,867 Meter per Secunde, was in der Stunde 446 Kubikmetern entspricht. Nehmen wir, was viel zu günstig ist, per Stunde 400 Kubikmeter frische Luft an, so haben wir dieses Quantum auf drei Säle mit je 12 Betten zu vertheilen, und es ergeben sich für 1 Stunde und 1 Bett 11 Kubikmeter Luft. Da nach Erfahrungen, die man in Frankreich gemacht hat, und die ich im Folgenden anführen werde, es mindestens 60 Kubikmeter per Stunde und Bett bedarf, um Hospitäler genügend zu ventiliren, so bleibt die Ventilation des allgemeinen Krankenhauses selbst im günstigsten Falle noch immer mehr als $^4/_5$ des nöthigen Luftquantums schuldig. Mithin selbst abgesehen davon, dass sie zeitweise ganz stille steht, ja selbst verkehrt geht, muss sie jedenfalls als ungenügend erklärt werden. — Das ist eine Thatsache, welche durch die Erfahrungen der Kliniker längst constatirt ist; denn alle haben gefunden, dass es durchschnittlich in allen Sälen übel roch, in denen man nicht fleissig die Fenster öffnete. — Bisher habe ich angenommen, dass die Ventilation dreier Säle

durch eine Arterie gleichmässig vor sich gehe, dass mithin in maximo auf 1 Saal 133,3 Kubikmeter per Stunde kämen; das ist aber thatsächlich durchaus nicht der Fall, und es vertheilt sich die durch die Arterie einfliessende Luftmasse sehr ungleich; der unterste Saal im Erdgeschosse empfängt davon nach der bestehenden Einrichtung das Meiste, der Saal im ersten Stocke wesentlich weniger und der oberste Saal (im zweiten Stockwerk) das Allerwenigste. Bei gleicher Krankenzahl nimmt erfahrungsgemäss der üble Geruch in den Sälen von unten nach oben auch sehr merklich zu.

Dieses Phänomen ist aber nicht lediglich von dieser ungleichen Vertheilung der zuströmenden Luft, sondern grossentheils auch von den communicirenden Abzugsröhren abhängig, die zur Zeit, wo nicht stark geheizt wird, sehr häufig verkehrt gehen, und die Luft verschiedener Säle mit einander sich vermischen lassen. Da die Abzüge in den Mittelmauern liegen, und ebenso wie diese zwei neben einander liegenden Sälen gemeinschaftlich sind, so ist nicht nur eine Communication dreier über einander liegender, sondern auch je zweier neben einander liegender Säle möglich, so dass stets eine ganze Reihe unmittelbar neben einander liegender Säle durch diese Abzugskanäle unter sich allmählig communiciren kann.

Herr Feichtinger fand bei seinen Beobachtungen vom 13. Mai bis 5. Juni in diesen Abzugskanälen

a) auf der männlichen Abtheilung

29,6	Procent	Plus
13,	„	Null und
57,4	„	Minus

Bewegung der Luft (Plus bedeutet hier die Strömung, welche Luft aus dem Saale entfernt);

b) auf der weiblichen Abtheilung

14,8	Procent	Plus
16,7	„	Null
68,5	„	Minus.

Es ist oft der Fall, dass z. B. ein Saal im ersten Stocke durch die Abzugsröhren Luft nach dem Saale im Erdgeschosse abwärts, und zugleich nach dem im zweiten Stocke aufwärts schickt. Stellt man die Beobachtungen des Herrn Feichtinger nach Stockwerken zusammen, so erhält man auf der männlichen Abtheilung in 54 Beobachtungen im Saal

zu ebener Erde	8 Plus	1 Null	9 Minus
im ersten Stocke	3 „	3 „	12 „
im zweiten „	5 „	3 „	10 „

auf der weiblichen Abtheilung in 54 Beobachtungen im Saal

zu ebener Erde	6 Plus	— Null	12 Minus.
im ersten Stocke	— „	5 „	13 „
im zweiten „	2 „	4 „	12 „

Die nicht nur mangelhafte, sondern sogar verkehrte und schädliche Funktion der Luftabzugskanäle im allgemeinen Krankenhause dürfte hiemit überzeugend nachgewiesen seyn. Wenn man auch zugesteht, dass zur Zeit, wo die Oefen geheizt werden, das Resultat ein viel günstigeres ist, als zur Zeit, wo Herr Feichtinger seine Beobachtungen machte, so kann man doch nicht in Abrede stellen, dass wenigstens die Hälfte des Jahres hindurch diese Abzugskanäle viel mehr zur Verbreitung und Mittheilung, als zur Entfernung der schlechten Luft der Krankensäle dienen.

Dieser Theil der Ventilation ist im neuen Gebärhause schon desshalb glücklicher angelegt, weil die Abzüge jedes einzelnen Saales für sich bestehen und eine Mittheilung der Luft eines Saales an einen andern wenigstens auf diesem Wege nicht möglich ist.

Ventilation des Spitales La Riboisière in Paris.

Ich gehe nun zu dem Berichte über die Leistungen einiger in Paris zur Ventilation von Spitälern ausgeführten

Apparate über. Nach dem Jahre 1848 wurde das prachtvolle und grosse Spital Lariboisière in der Vorstadt Poissonnière errichtet. Man legte von Seite der Verwaltung auch ein besonderes Gewicht darauf, dasselbe möglichst gut zu beheizen und zu ventiliren. Man stellte ein Programm auf, welches die Forderungen enthielt, die man an die Ventilation sowohl, als an die Heizung machte, und eröffnete eine Concurrenz für verschiedene Vorschläge und Unternehmer. Das Programm (S. Grassi, Étude comparative des deux systèmes de Chauffage et de Ventilation établis à l'hôpital Lariboisière. Paris, Rignoux 1856, p. 20) enthielt folgende 13 Punkte:

1) eine constante Temperatur von 15° in den Krankensälen und in den Zimmern der Schwestern während des ganzen Jahres, bei Tag und bei Nacht;

2) eine Temperatur von 15° während des ganzen Jahres, aber nur bei Tage, in den Zimmern und Officinen;

3) eine Temperatur von 10° das ganze Jahr, bei Tag und Nacht, auf den Stiegen der Krankenpavillone;

4) eine fortwährende Ventilation von warmer Luft während des Winters und von kalter Luft in der warmen Jahreszeit, zu mindestens 20 Cubikmetern per Stunde und Bett in den Krankensälen;

5) eine Ventilation nur während des Tages in den Zimmern des entsprechenden Pavillons zu 10 Cubikmetern auf das Bett;

6) eine Ventilation in den Abtritten, hinreichend, um in keinem Falle in diesen einen übeln Geruch sich entwickeln zu lassen, ohne dass Luftströmungen dort entstehen könnten, welche den Kranken nachtheilig wären;

7) die Ventilationsapparate müssen einen Ueberschuss an Kraft besitzen, hinreichend, um in allen Sälen oder theilweise eine zweimal so starke Ventilation wie die eben angegebene hervorbringen zu können, wenn irgend eine

grosse Epidemie eine Vermehrung der Betten nothwendig machen sollte;

8) die Einströmöffnungen der Luft müssen einen hinreichenden Querschnitt haben, um die Luft nur mit einer geringen Geschwindigkeit in die Säle eintreten zu lassen, und mit einer Temperatur, die nicht über 70° beträgt;

9) die Luft muss mit einem gehörigen Grade von Feuchtigkeit, den man nach Belieben ändern kann, in den Sälen anlangen;

10) eine besondere Einrichtung muss es möglich machen, die Luft künstlich zu kühlen, wenn es bei grosser Hitze nothwendig werden sollte;

11) die Apparate der allgemeinen Heizung oder besondere Apparate müssen eine für alle Bedürfnisse der Säle genügende Menge warmen Wassers liefern, und eine entsprechende Temperatur in den Wärmeschränken erhalten, welche in den Küchen jedes Saales angebracht sind;

12) In jeder Küche des Erdgeschosses muss für sich oder im Zusammenhange mit den Wärmeapparaten der Küchen der obern Stockwerke ein Feuerherd angebracht werden, um ein lebhaftes Feuer erzeugen zu können;

13) die Heizungs- und Ventilationsvorrichtungen müssen in der Weise angelegt seyn, dass sie allmählig in allen Pavillons in Thätigkeit oder in irgend einem Theil der Gebäude ausser Thätigkeit gesetzt werden können; sie müssen ausserdem gestatten, die Temperatur in jedem Saale zu erhöhen oder zu erniedrigen.

Eine wissenschaftliche Commission, an deren Spitze eine auch in Deutschland vollgültige Autorität, der Physiker und Chemiker Régnault, stand, hatte die eingegangenen Vorschläge zu prüfen, und sie entschied sich zuletzt für die Annahme eines gemischten Systems, für eine Ventilation durch mechanische Kraft, d. i. durch eine Dampfmaschine, welche einen Centrifugalventilator bewegt, ähnlich wie man

ihn bei Hochöfen, Schmiedfeuern etc. schon länger anwendet (System von Thomas, Laurens), und für eine Heizung mit Oefen, welche mit Wasser gefüllt sind und mit dem Dampfe geheizt werden, welcher zur Bewegung der Maschine gedient hat. Dieser entschiedene Uebertritt zur Ventilation mit mechanischer Kraft erregte in Paris vielseitige Opposition; alle Anhänger der bisherigen Methode, zur Ventilation von Spitälern und Gefängnissen wesentlich die Temperaturdifferenz der Luft im Freien und im Innern der Gebäude, d. i. den dadurch entstehenden Zug zu benützen, kamen in Aufregung. Letzteres System hatte Duvoir bis zu einer anerkennenswerthen Höhe ausgebildet und theilweise sehr befriedigende Resultate erzielt. Eine neue Commission, welche in Folge der heftigen Angriffe gegen den Beschluss der ersten aus Architekten unter dem Vorsitze des Generals Morin zusammenberufen wurde, trat dem Vorschlage ihres Vorsitzenden bei, das aus sechs Flügeln bestehende Spital Lariboisière zur Hälfte (die männliche Abtheilung) mit mechanischer Kraft (nach den Vorschlägen von Thomas, Laurens, Grouvelle und Tarcot), zur Hälfte (die weibliche Abtheilung) nach dem Systeme von Léon Duvoir zu ventiliren und zu heizen. Die Grösse der Ventilation wurde für beide Systeme von 20 Cubikmetern auf 60 per Stunde und Bett erhöht. Eintheilung und Dimensionen der zu ventilirenden Säle sind auf beiden Abtheilungen vollkommen gleich. Die völlige Gleichheit der durch die beiden concurrirenden Methoden zu ventilirenden Objekte ist ein wichtiger Umstand, und für Gewinnung eines sichern Endurtheiles maasgebend. Seit März 1854 sind beide Apparate neben einander im Gange, und wurden von Dr. Grassi einer eben so gewissenhaften als umfangreichen und streng wissenschaftlichen Untersuchung auf ihre praktischen Leistungen unterworfen. Herr Dr. Grassi hat durch seine Untersuchungen wesentlich dazu beigetragen, die für die Hygiène so wichtige Frage der Ventilation im

Sinne der objektiven Naturforschung zu beantworten. Nachdem ich durch die Güte des Chefs der ersten Division der Assistance public zu Paris, Herrn Battel, die Erlaubniss zur genauen Besichtigung der Ventilationsapparate im Spital Lariboisière und eines andern im Spital Beaujon erhalten hatte, wurde ich von Herrn Dr. Grassi auf das freundlichste unterstützt, den Zweck meiner Reise vollständig zu erreichen. Ich überzeugte mich von der Richtigkeit der Angaben dieses Gelehrten, welche er in seiner oben citirten Schrift gemacht hat.

3. Heizung und Ventilation der drei Pavillons der weiblichen Abtheilung nach dem Systeme von Léon Duvoir-Leblanc mit Zugkaminen.

Die Heizung von Duvoir ist wesentlich Warmwasserheizung. Jeder Pavillon hat seinen eigenen Heizapparat. Dieser besteht wesentlich aus einem Wasserkessel im untersten Theil des Hauses, in dem das Wasser erhitzt wird. Der hiedurch erzeugte aufsteigende Strom warmen Wassers gelangt durch ein im Kamin der Heizung geführtes Schlangenrohr nach dem Speicher, in ein grösseres geschlossenes Wasser-Reservoir, von wo aus in Röhren eine der Stärke der aufwärts gehenden Strömung entsprechende, abwärts nach dem Heizkessel gehende stattfindet. Diese abwärts gehende Strömung kann nun entweder auf ganz geradem Wege nach dem Heizkessel, oder auf Umwegen durch die Säle geschehen. Im ersteren Falle werden die Säle nicht geheizt, im zweiten werden sie geheizt. Das auf dem Dachboden befindliche Reservoir von heissem Wasser dient zunächst für die Ventilation. Es befindet sich in einer wohl geschlossenen Kammer, von der Kanäle nach verschiedenen Seiten der Säle gehen. Um was die Temperatur in dieser

oberen Luftkammer, die mit einem kurzen Kamine über dem Dache ins Freie mündet, höher ist, als im Freien, um das wird ein Luftzug in den Kanälen aus den Sälen nach der Luftkammer und zum Dache hinaus entstehen. (Manche Details der Ausführung anlangend muss ich auf die Abhandlung von Dr. Grassi verweisen.) An den vier Wasseröfen jedes Saales mündet ein unter dem Fussboden aus dem Freien kommender Kanal, durch welchen die frische Luft in dem Maasse einströmen soll, als die Luft der Säle durch die Zugkanäle nach der stets erwärmten Luftkammer abströmt. Der ganze Apparat ist ohne Widerrede sinnreich ausgedacht und auch sehr solid ausgeführt, und macht Herrn Duvoir alle Ehre.

Dr. Grassi hat sich nun bei seinen Untersuchungen mehrere Fragen gestellt, und dieselben mit wissenschaftlicher Präcision beantwortet. Einige der wichtigsten will ich hier näher erwähnen: 1) Ist die Menge Luft, welche durch die Zugkamine entweicht, gleich jener Menge, welche durch die für die Zufuhr frischer Luft bestimmten Kanäle unter den Wasseröfen in den Sälen einströmt?

Die Menge frischer Luft, welche durch die bezeichneten Oeffnungen einströmte, wurde genau mit dem Anemometer gemessen, ebenso die Menge der in den Zugkanälen abströmenden. — Es ergab sich z. B., dass nur 31 Cubikmeter frische Luft per Stunde und Kranken einströmten, während 93 Cubikmeter in der gleichen Zeit und im gleichen Verhältnisse durch die Zugkanäle den Saal verliessen. Aus zufälligen Oeffnungen, als welche Dr. Grassi lediglich die unvermeidlichen Fugen in Fenstern und Thüren zu betrachten scheint, mussten somit stündlich und per Kranken 63 Cubikmeter (circa 2520 bayer. Cubikfuss) noch überdiess zugeflossen seyn. — Dr. Grassi hat diesen Versuch vielfach mit ganz analogem Resultate in verschiedenen Sälen wiederholt. 2) Bleibt sich diese Ventilation das Jahr hindurch gleich?

Diese Frage hat Dr. Grassi aus ähnlichen Gründen auf das entschiedenste verneint, was auch ich Eingangs meines Berichtes ausgesprochen habe. Die bewegende Kraft ist lediglich die Differenz der Temperatur der Luft in der Zugkammer und der freien Luft. — Die Temperatur der Luft in den Sälen kommt hiebei weniger in Betracht. Da diese Differenz, und damit die bewegende Kraft bald gross und bald klein seyn kann, so wird die Ventilation in demselben Maasse ungleich seyn. — Hierüber hat bereits vor vielen Jahren Peclet die klarsten Auseinandersetzungen gemacht, als er die Ventilation des Gefängnisses Mazas untersuchte; seine wohlgemeinten Winke scheinen aber in Frankreich ebenso den Praktikern entgangen zu seyn, wie in Deutschland. Diese beiden Thatsachen geben Dr. Grassi ein vollständiges Recht, von dem er auch Gebrauch gemacht hat, die Ventilation der drei Flügel der weiblichen Abtheilung des Spitals Lariboisière als mangelhaft und unvollständig zu erklären.

Ich finde in den Erfahrungen dieses Gelehrten noch eine Thatsache angeführt, auf die er zwar kein Gewicht legt, weil sie seinen eigenen Anforderungen an eine gute Ventilation nicht entgegentritt, welche aber nach meinen später mitzutheilenden Erfahrungen von entschiedener Bedeutung ist, nämlich den Kohlensäuregehalt der Luft in einem ventilirten Saale; er betrug 2,5 pro mille dem Volumen nach. Ich habe eine Luft, welche in Folge des Athmens von Menschen $2\frac{1}{2}$ pro mille Kohlensäure enthält, stets übelriechend gefunden. Das Nämliche fand ich auch in Lariboisière. Ich werde nachweisen, dass wir kein Recht haben, eine Luft für gut zu erklären, die mehr als 1 pro mille Kohlensäure in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen enthält.

Der höchst bedeutende Zufluss von Luft durch die zufälligen Oeffnungen (Undichtigkeit von Fenstern und Thüren, wozu auch noch die Undichtigkeit der Wände zu nehmen

ist) ist sehr zu beachten. Er ist eine so bedeutende Grösse, dass sie fast das Doppelte mehr beträgt, als der Zufluss auf dem der frischen Luft vorgeschriebenen Wege. Sie darf, wie ich unten zeigen werde, künftig nicht nur nicht ausser Acht gelassen werden, sondern wir können diesen Wegen geradezu Funktionen bei der Ventilation gemauerter Gebäude übertragen, für die wir bis zur Stunde eigene Vorrichtungen für nöthig gehalten haben. — Dem chronologischen Gange meiner Darstellung etwas vorgreifend, erwähne ich hier eine von mir in Gegenwart des Herrn Dr. Grassi auf der männlichen Abtheilung des Spitals Lariboisière beobachtete Thatsache. Diese Abtheilung wird nicht durch einen Zugkamin, sondern durch eine Dampfmaschine ventilirt, welche einen Ventilator bewegt, der mindestens 60 Cubikmeter frische Luft per Stunde und Bett in die Säle führt. Damit die Luft wieder aus den Sälen entweichen könne, sind an vielen Punkten Abzugskanäle angebracht, welche sich unter dem Dache des Pavillons zu einem gemeinsamen Schlote vereinigen und durch diesen ihren Inhalt in die freie Luft strömen lassen. Der Saal St. Augustin ist für die chirurgischen Kranken bestimmt. Er war am 13. Mai 1857 mit 30 Kranken belegt. Fenster und Thüren waren vollkommen geschlossen. Die Maschine hatte den Gang, wo nach den Messungen jedenfalls 60 Cubikmeter frische Luft per Stunde und Kranken in den Saal kamen. Die Luft des Saales war, nach dem Geruch zu urtheilen, vollkommen gut. Und doch blies es aus den Abzugskanälen in einer Weise in den Saal heraus, dass bei mehreren, an die eine brennende Kerze gehalten wurde, die Flamme wagrecht, wie von einem Löthrohre gestellt wurde. Der Saal empfing somit nicht nur Luft aus den Zuführungs-, sondern auch aus den Abführungsgängen, und den Abzug der Luft vermittelten in diesem Falle lediglich die zufälligen Oeffnungen. Dr. Grassi war sehr erstaunt über dieses Vorkommniss, was er noch nie

beobachtet hatte, wohl desswegen, weil man es bisher für unmöglich gehalten hat. Zur Zeit, wo die Säle nicht geheizt werden, dürfte sich häufiger ein Zufluss durch die Abzüge ergeben. Ich habe diese Thatsache einstweilen nur bemerkbar machen wollen, um sie später mit noch andern im Zusammenhang zur Verwerthung zu bringen.

4. Ventilation und Beheizung der drei Pavillons der männlichen Abtheilung nach dem Systeme von Thomas-Laurens mit mechanischer Kraft.

Ich gehe nun zur Besprechung der Leistung der Ventilation der 3 Pavillons des Spitals Lariboisière über, welche für die Aufnahme männlicher Kranker bestimmt sind. Das System rührt von den Herren Thomas, Laurens und Grouvelle her, und ist von Herrn Farcot ausgeführt. Im Souterrain zwischen dem Thurme der Spitalkirche und der Waschküche befindet sich eine Dampfmaschine, welche einen Centrifugalventilator treibt, der den grössten Theil seiner Luft aus dem Glockenthurme herab bezieht. Ein guter Theil Luft mischt sich natürlich auch aus den zufälligen Oeffnungen des Souterrains bei. Der Ventilator schleudert die Luft in eine Blechröhre, welche anfänglich 1,1 Meter Durchmesser hat und im Souterrain nach den einzelnen Pavillons läuft, sich in dem Maasse verengend, als Zweigröhren nach diesen abgehen. Es sind für ausserordentliche Fälle zwei Dampfkessel und zwei Maschinen vorhanden, jede auf 15 Pferdekräfte berechnet; gewöhnlich befindet sich nur eine einzige im Gange. Die Luft tritt durch die Oefen der Säle in diese ein, und durch Zugkanäle, die sich auf dem Speicher jedes Pavillons, ähnlich wie beim System von Duvoir, zu einem über dem Dache mündenden Schlote vereinigen, wieder aus den Sälen aus. Um die Luft nöthigenfalls zu heizen,

wird der Wasserdampf benützt, welcher zur Bewegung der Maschine gedient hat. Dieser wird ähnlich, wie die Luft, nur in kleineren und vollkommen dichten Röhren nach den einzelnen Pavillons und Stockwerken geleitet. In den Sälen stehen mit Wasser gefüllte Oefen, durch welche ein Dampfrohr in schlangenförmiger Windung geführt ist. Durch Hähne wird der Dampfzutritt geregelt. Diese Wasseröfen sind von Röhren vertikal durchbrochen, durch welche die frische Luft einströmt und sich erwärmt. Schon ehe die Luft in diese Oefen eintritt, befindet sie sich in näherer Berührung mit den Dampfröhren, und wird dadurch vorgewärmt. Das aus dem Dampfe condensirte Wasser läuft wieder zurück in den Kessel, so dass dieser grossentheils mit ein und demselben Wasser gespeist wird. — Ist keine Heizung in den Sälen nothwendig, so wird die Dampfleitung abgeschlossen, und der Dampf in der Waschküche oder anderwärts verwendet, oder nach Umständen auch ins Freie gelassen. Grassi fand nun, dass durch die Thätigkeit des Ventilators in den Luftzuführungsröhren den Sälen des ersten Pavillons, welchen die Maschine zunächst lag, etwas mehr Luft zugeführt wird, als den Sälen des dritten und entferntesten. Aber auch diesem wurde noch weit mehr als die bedungene Menge von 60 Cubikmetern per Stunde und Bett zugeführt. Folgendes sind seine durchschnittlichen Resultate:

1. Pavillon 132 Cubikmeter per Stunde und Bett.
2. „ 126 „ „ „ „ „
3. „ 88 „ „ „ „ „

Von der vollkommenen Güte und Geruchlosigkeit der Luft in den Sälen überzeugte ich mich mehrfach.

Grassi untersuchte auch, wie viel Luft aus den Sälen durch die Entleerungskanäle entwich. Er fand, dass von der einströmenden Luft kaum die Hälfte sich auf diesem Wege entfernte, das Uebrige durch die zufälligen Oeffnungen der Säle ging.

Grassi untersuchte auch den barometrischen Druck der Luft in den Sälen, im Vergleich mit der freien Luft zur gleichen Zeit. Man könnte nämlich auf den Gedanken kommen, es sey die Luft in den Sälen durch das Eintreiben so bedeutender Mengen binnen kurzer Zeit comprimirter, als die freie Luft. Das Resultat der sorgfältig ausgeführten Beobachtungen ist aber durchaus negativ: im Gegentheil zeigte die Luft in den geheizten Sälen einen etwas geringern Druck als die äussere, so dass noch Luft durch die zufälligen Oeffnungen von Aussen einfliessen musste.

Der Kohlensäuregehalt der Luft eines ventilirten Saales betrug nur 1,1 pro mille, mithin nicht die Hälfte vom Kohlensäuregehalt der Luft auf der weiblichen Abtheilung, welche nach dem System von Duvoir ventilirt ist. Die Luft ist nicht zu trocken und kann durch Dampf und Wasser beliebig befeuchtet werden. So gross die Luftmenge für unsere gewöhnlichen Vorstellungen ist, welche die mechanische Ventilation in die Säle von Lariboisière bringt, so herrscht wenige Fusse von den Oeffnungen entfernt doch nirgends der mindeste Zug. Unsere Hautnerven nehmen Bewegungen der Luft, welche nicht mehr als 1 Meter per Sekunde Geschwindigkeit haben, noch nicht wahr.

Grassi zählt auch mehrere Einwürfe auf und widerlegt sie, die namentlich von Pariser Architecten gegen die mechanische Ventilation geltend gemacht werden wollten, welche aber in der That zu unbegründet sind, um sie vor dem deutschen Publikum zu wiederholen, bevor sie nicht etwa auch bei uns ihre Vertreter gefunden haben.

Nach meiner Ueberzeugung sind die in Lariboisière gemachten Erfahrungen vollkommen entscheidend, ob in den Fällen, wo man einer künstlichen Ventilation bedarf, oder sie überhaupt haben will, mechanische Kraft zum Eintreiben der Luft, oder das blosse Erwärmen einer Luftsäule, um Zug hervorzubringen, anzuwenden sey. Das Eintreiben durch

einen Ventilator allein lässt eine gleichmässige, unter den verschiedenen Differenzen der Temperatur und der Geschwindigkeit der äussern und innern Luft sich gleich bleibende Zufuhr von frischer Luft erwarten.

Diese principielle Ueberzeugung sollte künftig bei Anlage aller künstlichen Ventilationen in erste Linie gesetzt werden. Als untergeordnet muss man die Frage nach den Kosten betrachten. Die Kosten für Heizung und Ventilation der weiblichen Abtheilung von Lariboisière nach dem System Duvoir betrugen im Laufe eines Jahres (die Unterhaltung der Apparate mit eingerechnet) 18152 Franken. Für dieselben Zwecke auf der correspondirenden männlichen Abtheilung nach dem Systeme von Thomas Laurens, 46590 Franken. Die Mehrausgabe bei der mechanischen Ventilation scheint enorm. Sie reducirt sich aber wesentlich, wenn man in Rechnung zieht, dass mit dem Apparat der männlichen Abtheilung auch noch viel andere Dienste geleistet worden sind, welche der Apparat des Herrn Duvoir nicht zu leisten hatte:

1) Die Localitäten (Corridore, Parloir, Refectorium, Kapelle, Zellen) der barmherzigen Schwestern, welche die Krankenpflege auf beiden Abtheilungen besorgen, wurden mit dem Apparate Thomas-Laurens geheizt;

2) wurden die Bäder für beide Abtheilungen und ebenso

3) die Wäsche besorgt.

Hiebei ist noch zu bemerken, dass in der Waschküche von Lariboisière auch noch die Wäsche aus andern Spitälern gereinigt wurde. Ebenso ergibt sich noch eine Ersparniss am Aufsichts- und Heizerpersonal. Grassi schlägt den Geldwerth dieser Mehrleistungen u. s. w. auf 23000 Franken an. Ich kann natürlich nicht entscheiden, wie weit diese Annahmen etwa zu hoch gegriffen sind. Wesentlich theurer ist das System von Thomas-Laurens jedenfalls, als das von Duvoir. Denn dass der erstere Apparat auch noch die Wäsche für andere Spitäler besorgte, was die höchste Ziffer

ausmacht, darf man eigentlich gar nicht in Rechnung bringen, wenn man darnach trachtet, diesen Apparat in allen Spitälern einzuführen; denn dann müsste man den überschüssigen Wasserdampf mehrerer Apparate jedenfalls verloren gehen lassen. — Ich betrachte als den eigentlichen Gewinn, den die Aufstellung des Apparates zur mechanischen Ventilation eingebracht hat, die principielle Ueberzeugung, dass nur sie den Anforderungen der Hygiène entspricht. Die Kosten durch einfachere und wohlfeilere Construction und Betriebsart zu vermindern, kann als eine Aufgabe unserer fernern Thätigkeit auf dem Gebiete der mechanischen Ventilation fortan bezeichnet werden. Ein bedeutender Fortschritt ist in neuester Zeit hierin durch einen belgischen Ingenieur, Herrn Dr. van Hecke in Brüssel, gemacht worden.

5. Ventilation und Heizung des Pavillons Nr. 4 im Spitale Beaujon nach dem Systeme von van Hecke.

Dr. van Hecke wurde vor einiger Zeit nach Paris berufen, um einen der vier Flügel des Spitals Beaujon mit seiner Heizung und Ventilation zu versehen. Die Direction der Assistance publique von Paris beabsichtigte wesentlich eine Vergleichung der Leistungen und Kosten des van Hecke'schen Apparates mit denen in Lariboisière. — Grassi hat eine höchst werthvolle Untersuchung auch über diesen Apparat angestellt und dieselbe in den Annales d'hygiène publique et de médecine légale, 2me série, 1857, Tome VII, Paris, chez Baillière et fils, veröffentlicht.

Der van Hecke'sche Ventilationsapparat hat mich in hohem Grade befriedigt. Er war mir eine factische Bestätigung von der Richtigkeit mehrerer schon lange gehegter und auch mehrfach ausgesprochener Ansichten. Fast alle unsere bisherigen Ventilationsvorrichtungen sind unter dem

Einflusse der Vorstellung entstanden, dass die Heizung der Localitäten zuerst ins Auge zu fassen sey, und dass man den zur Heizung verwendeten Kräften auch noch das Geschäft der Ventilation übertragen solle. Heizung und Ventilation wurden immer unzertrennlich gedacht. Das System von Duvoir steht unverkennbar noch ganz unter dem Einflusse dieser Vorstellung. Mehr trennt sich bereits das System von Thomas-Laurens, obwohl auch bei diesem der Ausgangspunkt der ganzen Conception offenbar in dem Bedürfnisse der Heizung liegt; man wollte die Säle in einer Form heizen, dass man die heizende Kraft (den Wasserdampf) zugleich als ventilirende Kraft benutzen konnte. So lange es Princip war, Heizung und Ventilation, die unter sich keine principielle Abhängigkeit haben, stets fest an einander zu schmieden, oder die eine Function von der andern abhängig zu machen, so lange konnte sich namentlich die Ventilation nicht frei entwickeln, welche gewöhnlich von der Heizung ins Schlepptau genommen werden sollte. Das wäre nur dann heilsam gewesen, wenn das Bedürfniss der Ventilation und Beheizung stets Eines mit dem Andern gleichmässig zu- und abnehmen würde; das ist aber gerade nicht der Fall, denn während das Luftbedürfniss Jahr aus Jahr ein unter den verschiedensten Zuständen der Atmosphäre so ziemlich das gleiche bleibt, wechselt das Bedürfniss der Heizung in dem verschiedensten Maasse. Unter dem Einflusse der bisherigen Vorstellungen sind Apparate entstanden, welche entweder zweckmässig und ökonomisch heizen, aber ungenügend ventiliren (Duvoir), oder welche hinlänglich ventiliren, dabei aber einen so enormen Ueberschuss von Heizkraft liefern, dass man in die grösste Verlegenheit kommt, dieselbe fortwährend anderweitig zu verwenden (Thomas-Laurens). Der van Hecke'sche Apparat hat mit unserer bisherigen Ventilations-Tradition in manchen Stücken gebrochen; die Ausbildung seiner Grundlagen lässt

hoffen, dass das bisherige Verhältniss der Ventilation zur Heizung sich mit der Zeit geradezu umgekehrt stellen wird. Die Ventilation wird die Hauptsache werden; die Heizung hat sich dem Bedürfniss und dem Maasse der Ventilation anzuschliessen; auf diese Weise wird die Ventilation aus der Knechtschaft der Heizung befreit werden. Van Hecke's Apparat trägt sehr entwicklungsfähige Elemente in sich; er beruht auf der gleichzeitigen Benützung der natürlichen Ventilation, welche die Folge der Differenz der Temperatur im Innern und Aeussern ist, und einer mechanischen Kraft, welche soweit nachzuhelfen und Luft herbeizuschaffen hat, bis jederzeit 60 Cubikmeter per Stunde und Bett erreicht sind. Im Garten des Pavillons Nro. 4 des Spitals Beaujon ist ein kleines Luftthürmchen, kaum 10 Fuss hoch, dessen innerer Raum mit einer Zinkröhre von $^3/_4$ Meter Durchmesser communicirt, welche in einen Luftheizungsofen (Calorifère) mündet, von dem aus sich die Leitung zu einer grossen Blechröhre fortsetzt, welche durch die Mitte der drei über einander liegenden Säle, von denen jeder 20 Betten enthält, in Absätzen aufsteigt. Im Saale des Erdgeschosses mündet diese Röhre mit einem Durchmesser von 75 Centimètres. Wo diese Röhre aufhört, fängt in gleichem Centrum eine andere mit nur 60 Centimètres Durchmesser an, welche die Luft in den Saal des ersten Stockwerkes bringt. Von hier aus gelangt in ganz ähnlicher Weise durch eine abermals engere Röhre die Luft in den Saal des zweiten Stockwerkes. Die Oeffnungen der zwei sich verengenden Einsatzröhren können durch Schieber mehr oder weniger geschlossen werden, so dass man die Luftmenge regeln kann, die man in das obere Stockwerk will treten lassen. Die Einströmung in die Säle geschieht einige Fusse über dem Boden aus einer Art Käfig, welcher die Röhre umgibt, in welchem man, wenn die Luft erwärmt einströmt, Wäsche wärmen, Getränke etc. warm halten kann. Wird der Wärmeofen im Souterrain geheizt,

so entsteht ein mehr oder minder lebhafter Strom der Luft aus dem Garten nach den Sälen, ganz so, wie wir es bei den in Deutschland mehrfach üblichen Meissner'schen Luftheizungen bereits seit vielen Jahren in Anwendung sehen. Van Hecke hat auch bei Construction seines Wärmeofens darauf Rücksicht genommen, worauf ich bereits im Jahre 1850 dringlich aufmerksam gemacht habe. (S. „Ueber die Unterschiede zwischen Ofen- und Luftheizung“, Dinglers polytechn. Journal, Jahrgang 1851.) Mit dem Calorifère ist nämlich ein Wasserbecken in seitlicher Verbindung, worüber die Luft streichen muss, damit sie nicht bloss erwärmt, sondern auch in einem entsprechenden Grade befeuchtet werde. Um bei vorkommenden Fällen die Temperatur der in die Säle strömenden Luft rasch erniedrigen zu können, hat van Hecke die Vorsorge getroffen, dass die Luft den Wärmeofen nicht stets zu passiren braucht, sondern auch beliebig ausserhalb demselben nach der aufsteigenden Hauptröhre geleitet werden kann. Man lässt mit Hilfe von einfachen Schubvorrichtungen jederzeit nur so viel Luft durch den Wärmeofen gehen, als zur Erhaltung einer beliebigen Temperatur in den Sälen nothwendig ist, — das Uebrige geht ausserhalb des Ofens, und vermischt sich mit der heissen Luft aus dem Calorifère.

Es ist klar, dass auf diese Weise bei einer grösseren Temperaturdifferenz der äussern und innern Luft schon eine sehr beträchtliche Strömung auch ohne Anwendung einer mechanischen Kraft hervorgebracht werden kann. Für den Austritt der Luft sind wieder Evacuationskanäle in den Sälen angebracht, die sich auf dem Speicher zu einem gemeinsamen Schlote vereinigen, und über dem Dache münden. Um nun die natürliche Ventilation bis zum Quantum von 60 Cubikmetern per Stunde und Bett zu erhöhen, hat van Hecke in dem Schlote unter dem Dache einen sehr einfachen Ventilator angebracht, dessen Bewegung sehr wenig

Kraft ($^1/_2$ bis 1 Pferdekraft) consumirt, womit die Luft so zu sagen aus den Sälen ausgesaugt wird. Der Ventilator von van Hecke besteht einfach aus zwei Schaufeln (ähnlich wie die bewegende Schraube an den Schraubendampfschiffen), welche auf zwei Stielen senkrecht auf einer rotirenden Axe sitzen und in einem Winkel von 50 bis 60 Graden geneigt sind. Eine Eigenthümlichkeit dieses Ventilators ist, dass die Neigung der Paletten nicht constant ist, sondern mit der Geschwindigkeit der Rotation sich ändert. — Dieser Ventilator wird durch eine kleine Dampfmaschine von circa 1 Pferdekraft in Bewegung gesetzt, welche sich im Souterrain befindet. Von ihr geht eine Laufschnur zum Ventilator unter dem Dache, wodurch dieser bewegt wird. Um zu sehen, ob die nöthige Quantität Luft zuströme, dient die Grösse des Druckes, welchen der Luftstrom in der Hauptröhre auf eine bestimmte Fläche ausübt. Dieser Druck wird auf einen Hebel übertragen, und von diesem mittels einer Schnur auf einen Quadranten, dessen Zeiger dadurch bewegt wird. Dieser Quadrant (Indicateur) kann sich im Gange zu ebener Erde oder in jedem Stockwerke befinden, so dass der Arzt oder der Administrator des Spitals jeden Augenblick sehen kann, ob der Stand des Zeigers der festgesetzten Stromstärke entspricht oder nicht. Die Bewegung der Dampfmaschine muss nun in dem Grade gesteigert oder ermässigt werden, als es der Stand des Zeigers erfordert.

Van Hecke ventilirte somit ähnlich wie Duvoir durch einen Zugkamin, nur dass letzterer die Luft im Zugkamine durch blosse Erwärmung, ersterer aber durch eine beliebig zu steigernde mechanische Kraft in Bewegung setzte. Da aus den Untersuchungen von Grassi über die Ventilation in Lariboisière aber hervorging, dass der Zugkamin die Luft nicht nothwendig durch die dafür gemachten Wege nach den Sälen saugt, sondern dass durch alle vorhandenen zufälligen Oeffnungen sehr bedeutende Luftmassen zugleich

einfliessen, so brachte van Hecke den gleichen Ventilator, wie auf dem Speicher, unten im Keller in der zinkenen Hauptzuführungsröhre, vor der Einmündung in den Calorifère an, um Luft eintreiben zu können. Man konnte nun abwechselnd den Einfluss des Zuges und des Stosses beobachten. Wie zu erwarten stand, hat sich der Stoss viel wirksamer erwiesen. Wenn man die Luft eines Saales mit stark riechenden Substanzen verunreinigte, so verschwand der Geruch aus dem Saale bei Verwendung gleicher mechanischer Kraft beim Eintreiben in $^3/_4$ Stunden, beim Ansaugen durch den Kamin in $^5/_4$ Stunden.

Der Wasserdampf, welcher zur Bewegung der kleinen Dampfmaschine in Beaujon gedient hat, wird zum geringsten Theil für Kataplasmen und warmes Wasser nutzbar gemacht, der meiste entweicht ins Freie. Trotzdem berechnen sich die Kosten des Brennmaterials für Beheizung und Ventilation des Pavillons Nro. 4 nur auf 31 Franken per Jahr und Kranken. Für den Pavillon Nro. 3, welcher nicht ventilirt, sondern nur geheizt wird, ergibt sich für Brennmaterial ein entsprechender Aufwand von 27 Franken. Im Hotel Dieu, das bekanntlich weit davon entfernt ist, eine Ventilation zu haben, macht der jährliche Aufwand an Heizung für einen Kranken 26 Franken. Man kann desshalb behaupten, ohne sich im mindesten eines Irrthums schuldig zu machen, dass durch den Apparat des Dr. van Hecke die den Anforderungen der Hygieine entsprechende Ventilation jedes grösseren Spitals ohne erhebliche Mehrkosten vollzogen werden könne.

In neuester Zeit hat man die van Hecke'sche Ventilation auch auf Schiffe angewendet. Grassi hatte ihre Leistungen auch in diesem Falle auf Befehl des französischen Marineministeriums zu prüfen Gelegenheit. Im Hafen zu Toulon wurden mehrere vergleichende Versuche mit andern üblichen Ventilationsvorrichtungen vorgenommen. Namentlich wurde

der van Hecke'sche Ventilator mit dem von Sochet verglichen, welcher wegen seiner Leistungen grosses Ansehen genoss. Beide wurden mit gleichen Kräften während gleicher Zeiten bewegt. Wenn der Ventilator von Sochet von drei Mann getrieben 5430 Cubikmeter Luft in den untersten Schiffsraum der Gironde, eines Schiffes von 1200 Tonnen Tragkraft mit einer Dampfmaschine von 160 Pferdekräften, brachte, so lieferte dieselbe Kraft mit dem van Hecke'schen Ventilator 18360 Cubikmeter Luft, so dass sich die Leistungen verhalten, wie 1 : 3,38. Auf einem kleineren Schiffe, Adour, für 900 Tonnen mit einer Maschine von 120 Pferdekräften, sollten 500 Galeerensträflinge nach Cayenne transportirt werden; der untere Schiffsraum und das Zwischendeck, wo die Gefangenen während der langen Reise verweilen sollten, hatte nur so viel Raum, dass für 1 Individuum 1,7 Cubikmeter blieb. Man hatte einen Centrifugal-Ventilator aufgestellt, der beliebig durch Dampf- oder Menschenkraft bewegt werden konnte, und der von 6 Mann getrieben in maximo per Stunde 3000 Cubikmeter Luft eintrieb. Ein van Hecke'scher Ventilator, von einem einzigen Manne getrieben, lieferte über 6000, und mit einem Windschlauche versehen bei mässigem Winde mehr als 9000 Cubikmeter (Grassi, Annales d'hygiène publique et de médicine légale. 2me série, 1857, Tome VIII). Als der Adour wirklich die Reise machte, wurde der Centrifugal-Ventilator mittels Dampfkraft nur 10 bis 12 Tage Anfangs gebraucht, wobei 3 bis 4 Pferdekräfte nothwendig waren. Die ganze übrige Zeit der langen Reise bediente man sich nur des van Hecke'schen Ventilators, von einem einzigen Manne getrieben. Während der Reise genossen die 500 Sträflinge eine vollkommene Gesundheit, und hatte Herr Arnoux, Oberarzt, nicht einen einzigen Krankenzettel zu schreiben. Auf der Rückreise nach Frankreich nahm Mr. Arnoux 196 Kranke und Reconvalescenten aus verschiedenen Spitälern der Kolonien an

Bord; er kam an, ohne einen einzigen Mann verloren zu haben.

Was an dem van Hecke'schen Ventilator als das Auffallendste und Interessanteste betrachtet werden muss, ist seine grosse Leistungsfähigkeit bei verhältnissmässig sehr geringem Kraftverbrauch. Wenn ich als Laie in der Mechanik die rechte Anschauung von der Sache gewonnen habe, so beruhen diese Vortheile auf zwei Umständen:

1) Der Ventilator hat eine Form, welche möglichst wenig Reibung und Widerstand darbietet; er begnügt sich, der Luft einen unausgesetzten Anstoss zur Bewegung zu geben, ohne sie gerade auf weite Fernen schleudern oder zusammenpressen zu wollen; seine ganze Arbeit in Beaujon ist die fortwährende Verschiebung einer equilibrirten endlosen Luftsäule von circa $^3/_4$ Quadratmeter Grundfläche.

2) Der van Hecke'sche Ventilator wird nur dann wirksam seyn, wenn der Fortbewegung der Luft so viel wie kein Hinderniss entgegen steht, wenn keine Pression hervorgebracht werden soll; er erfordert desshalb verhältnissmässig weite Leitungsröhren. Ich zweifle, ob man mit einem solchen Ventilator ein Schmiedefeuer unterhalten könnte. Während in der Hauptluftröhre des Apparates Thomas-Laurens in Lariboisière eine Pression von 32 Millimetern Wassersäule über dem Druck der freien Luft beobachtet wurde, zeigte sich in der Hauptröhre in Beaujon kaum ein Druck von $^1/_2$ Millimeter, obschon in der Stunde mehr als 3500 Cubikmeter durch dieselbe strömten.

So viel dürfte als feststehend angenommen werden, dass die Ventilation des Herrn Dr. van Hecke sehr empfehlenswerth ist. Ich habe desshalb auch keinen Anstand genommen, dem Magistrate der Stadt Augsburg, welcher eben im Baue eines grossen Krankenhauses begriffen ist und mich bezüglich der Ventilation um Rath fragte, diese Methode als die vorzüglichste zu bezeichnen. Wie ich aus sicherer

Quelle weiss, sind auch bereits die Verhandlungen mit dem Erfinder über Einführung seiner Ventilation in dem neuen Spitale der Stadt Augsburg ihrem Abschlusse nahe. Wir werden dann in nicht mehr langer Zeit einen van Hecke'schen Ventilationsapparat in unserer unmittelbaren Nähe haben, der uns Gelegenheit geben wird, weitere Beobachtungen anzustellen.

München, October 1857.

Dr. Max Pettenkofer.

BESPRECHUNG ALLGEMEINER

AUF DIE

VENTILATION

BEZÜGLICHER FRAGEN.

VON

Dr. MAX PETTENKOFER.

Ich erlaube mir nun, auf einige allgemeine, für die Ventilation wichtige mehr wissenschaftliche Erörterungen einzugehen. Dieselben dürften sich am besten an folgende fünf Fragen knüpfen lassen:

1) Wann kann man die Luft einer Wohnung gut und rein heissen?

2) Wie gross ist der natürliche Luftwechsel in den Zimmern, und auf welche Weise lässt sich derselbe am zuverlässigsten bestimmen?

3) Welche Verhältnisse wirken vermehrend oder vermindernd auf die Grösse des natürlichen Luftwechsels ein?

4) In welchen Fällen wird eine künstliche Ventilation nothwendig?

5) Welche sind bis jetzt die gebräuchlichsten Methoden der künstlichen Ventilation, und welche verdient den Vorzug?

Erste Frage: Wann heissen wir die Luft eines Wohnzimmers gut und rein?

Um über das Bedürfniss der Ventilation richtig urtheilen zu können, muss man bestimmte Anforderungen an die Beschaffenheit der Luft zu stellen wissen. Eine Luft kann in zweifacher Beziehung unrein seyn,

1) sie kann fremdartige Stoffe enthalten, welche durch ihre Qualität uns nachtheilig sind, oder

2) sie kann die normalen Bestandtheile in einem abnormen Mischungsverhältnisse enthalten.

Als die normalen Bestandtheile der Atmosphäre gelten Sauerstoff, Stickstoff, Wasser und Kohlensäure, deren relative Verhältnisse mit Ausnahme des Wassers fast keinen Schwankungen unterworfen sind. Die Luft enthält allerdings constant noch einige andere Stoffe, z. B. kohlensaures Ammoniac, organische und unorganische Stoffe, theils als Staub, theils in andern Formen u. s. w., jedoch in so äusserst geringer Menge, dass sie auf unsere Sinne nicht die entfernteste Wirkung hervorzubringen vermögen. Als wesentlichstes Beobachtungsorgan für fremde Stoffe in der Luft dient uns der Geruchssinn; dieser zeigt uns Stoffe an, deren Wahrnehmung uns weder auf physikalischem, noch auf chemischem Wege mehr gelingt. Wir wittern oft noch die geringsten Spuren fremder Beimischungen der Luft (Moschus, viele ätherische Oele und andere riechende Substanzen), welche sich jedem sonstigen Nachweise entziehen. Andere Stoffe, die gerade nicht unsern Geruchssinn erregen, machen sich durch physiologische Wirkungen auf unsere Respirationswege, oder andere Theile unseres Körpers in den geringsten Mengen bemerkbar. Es ist z. B. nicht möglich, in einem Zimmer einige Grane Veratrin in offener Reibschale zu Pulver zn verreiben, ohne dass nicht alle Anwesenden zum Niessen gereizt würden. Andere Stoffe (z. B. Produkte der trockenen Destillation glycerinhaltiger Fette, Holzrauch etc.) wirken mehr auf die Schleimhaut der Augen uud bringen diese zu Thränen und Entzündung, während sie auf die Schleimhaut der Nase viel weniger wirken. Jede Luft, welche auf unsern Geruch, Gefühl oder Gesicht wirkt, halten wir mit Recht für mit fremden Stoffen verunreinigt. Wir können ihr das Prädikat einer reinen Luft nicht beilegen. Gegen diese Arten der Verunreinigung der Luft kann die Wirksamkeit der Ventilation nicht zunächst bestimmt seyn. Wir verfahren viel rationeller, wenn wir von vornherein die Mittheilung solcher Stoffe an die Luft unserer

Wohnräume verhüten, als wenn wir die Folgen einer zugelassenen Verunreinigung hintennach durch kräftige Ventilation wieder möglichst zu beseitigen streben. Wir wissen, dass die Ausdünstungen faulender, verwesender Stoffe, dass die Excremente von Menschen und Thieren die Luft unserer Wohnräume in unerträglicher Weise verunreinigen können, und zwar in einer Weise, dass die kräftigste Ventilation nicht mehr dagegen ankämpfen kann. In diesen Fällen sagt uns die einfache Vernunft, dass wir unsere Sorgfalt auf Entfernung solcher Stoffe zu richten haben. Ohne durchgreifende Reinlichkeit in einem Hause helfen uns alle Ventilationsvorrichtungen wenig, während eine strenge Handhabung der Reinlichkeit die Ventilation auf das Kräftigste unterstützt und zur Geltung bringt. Was hilft es, wenn wir Krankensäle und Gefängnisse ventiliren, ihnen frische Luft zuführen, aber diese durch die fortwährenden Ausdünstungen schlecht construirter und stinkender Leibstühle gleich wieder verpesten lassen? Ein Raum, welcher einen verwesenden Misthaufen einschliesst, wird trotz aller Ventilation eine ekelhafte Wohnstätte, ein Herd für schlechte Luft bleiben. Erst wo die Reinlichkeit durch rasche Entfernung oder sorgfältigen Verschluss luftverderbender Stoffe nichts mehr zu leisten vermag, beginnt das Feld für die Ventilation. Es ist sicher kein Irrthum, wenn man in Rücksicht auf die Salubrität der Luft eines Hauses der Reinlichkeit den ersten und obersten Platz anweist: ihre Aufgabe ist es, alle fremdartigen Stoffe, welche die Atmosphäre verderben könnten, mit einer nimmermüden Sorgfalt zu entfernen, oder sie zu hindern, ihren Weg in die Luft des bewohnten Raumes zu nehmen.

Wenn ich in dem Folgenden von Reinhaltung der Luft eines Wohnraumes durch Ventilation spreche, so setze ich stets die Handhabung der grössten Reinlichkeit als selbstverständlich voraus. Gegen die Verunreinigung der Luft

durch die Ausscheidungen der Lungen und der Haut der Menschen vermag die Reinlichkeit nichts mehr auszurichten; gegen diese, gegen die Folgen der Respiration und Perspiration ist die Ventilation vorzugsweise gerichtet. Die wesentlichsten Ausscheidungsstoffe unserer Lungen und unserer Haut, so weit sie in die Luft übergehen, sind Kohlensäure und Wasser. Gleichzeitig mit diesen gehen stets noch geringe Mengen flüchtiger organischer Stoffe in die Luft über, die sich bei einiger Anhäufung durch den Geruch bemerkbar machen. Eine Luft, welche bereits die Gegenwart einer grösseren Menge von Ausdünstungsstoffen durch den Geruch verräth, kann nicht mehr für gesund und rein gehalten werden. Für empfindsame Geruchsnerven wird jedes bewohnte Zimmer mehr oder weniger Geruch haben, so dass wir uns nach einem Maassstabe umsehen müssen, der uns genau gewisse Grade der Luftverderbniss ohne Mitwirkung subjektiver Empfindungen zu bestimmen erlaubt. Es sind hier verschiedene Wege möglich, die Luft bewohnter Räume mit der freien reinen Atmosphäre zu vergleichen. Man könnte bemessen, um was die Luft in Folge der Respiration und Perspiration entweder an Wasser, oder Kohlensäure, oder an organischen Substanzen unter verschiedenen Umständen zunimmt. Alle drei Grössen werden stets proportional mit der Anzahl von Menschen zu- und abnehmen. Da der Wassergehalt der Luft selbst sehr verschieden ist, da wir bei der hygroscopischen Beschaffenheit unserer Baumaterialien und unserer Wandverkleidungen an ihnen zahlreiche Quellen zur Veränderung des Wassergehaltes der Luft in den Wohnungen haben, so wird der Wassergehalt der Luft nur ein sehr unsicheres Maass für die Grösse der Respiration und Perspiration und für deren Einfluss auf die Zimmerluft abgeben können. Die Menge organischer Stoffe würde allerdings einen sehr richtigen Maassstab abgeben, aber leider besitzen wir keine Methode, dieselben quantitativ

zu bestimmen. Somit bleibt uns kein anderer Anhaltspunkt, als die Kohlensäure, deren Gehalt in der freien Luft durchgehends nur gering ist, und nur Schwankungen von 4 bis 6 Zehntausend-Volumtheilen unterliegt. Ueberdiess haben wir in unsern Wohnzimmern keine anderen Quellen, aus denen Kohlensäure sich der Luft beimischen könnte, als Lungen und Haut der Bewohner, und endlich besitzen wir jetzt eine Methode, welche den Kohlensäuregehalt einer Luft sehr einfach und schnell ermitteln lässt. Aus diesen Gründen habe ich den Kohlensäuregehalt einer Zimmerluft als Maassstab für deren Güte gewählt, vorausgesetzt, dass die Anforderungen der Reinlichkeit im Voraus befriedigt sind. Zur Grundlage habe ich den Kohlensäuregehalt in Wohnzimmern genommen, die von Personen benützt werden, welche nach ihrer eigenen Wahl leben, welche sich erfahrungsgemäss in denselben behaglich befinden, wenn sie auch den grössern Theil des Tages in denselben verbringen. Diese empirische Grundlage scheint mir viel mehr Berechtigung zu haben, als jede willkürliche Annahme, oder jedes theoretische Raisonnement, aus dem man eine Grösse ableiten wollte. Le Blanc (Grassi p. 6) tolerirt einen Kohlensäuregehalt der Luft bis zu 5 Tausendtheilen, Poumet und Andere, welchen sich auch Grassi anschliesst, ziehen engere Grenzen, und wollen eine Luft nur für gut erklären, wenn sie nicht mehr als höchstens 2 bis 3 Tausendtheile Kohlensäure enthält. 2 bis 3 Tausendtheile sind allerdings sehr geringe Mengen, aber man darf nicht vergessen, dass die Kohlensäure nicht allein die Verderbniss der Luft ausmacht, man muss wohl bedenken, dass mit der Kohlensäure zugleich die organischen Stoffe der Luft aus Respiration und Perspiration zunehmen, und dass von diesen bereits sehr geringe, kaum nachweisbare Mengen hinreichend sind, eine Luft bis zu einem Grade zu verderben, dass sie auf gesunde Sinne eckelerregend wirkt. Der Kohlensäuregehalt allein

macht die Luftverderbniss nicht aus, wir benützen ihn bloss als Maassstab, wornach wir auch noch auf den grössern oder geringern Gehalt an andern Stoffen schliessen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhalten.

Ich fand am 5. März 1857 in meinem kleinen Arbeitszimmer, circa 3000 Cubikfuss haltend, nachdem ich ohne Unterbrechung 4 Stunden darin zugebracht, 0,54 pro mille Kohlensäure. Den andern Tag, 6. März, 0,65 pro mille. Den 7., wo zeitweise auch mein Assistent in demselben beschäftigt war, 0,89 pro mille; den 13. März 0,61 und 0,64 pro mille; den 13. November 0,68. In einem andern, etwas grössern Zimmer des physiologischen Instituts, zur Zeit, als ich und einer meiner Schüler darin arbeiteten, ergaben sich am 5. Januar d. J. 0,740 pro mille Kohlensäure, am 8. Januar 0,611 pro mille. In einem Zimmer, 28 Fuss lang, 15½ Fuss breit und 18 Fuss hoch, befand sich am 20. December 1857 eine Gesellschaft von 4 Männern, von denen zwei rauchten. Nach 2½ Stunden betrug der Kohlensäuregehalt der Luft 0,87 pro mille. In allen diesen Fällen befanden sich die Personen in den betreffenden Lokalitäten ganz behaglich, ohne jede Belästigung, ohne Bedürfniss ein Fenster zu öffnen, oder den Raum zu verlassen. Das Mittel aus diesen sieben Beobachtungen beträgt 0,67 pro mille Kohlensäure.

Ich will nun den Kohlensäuregehalt einer solchen Zimmerluft untersuchen, unter deren Einfluss eine fühlbare Belästigung empfunden wird. Die übelriechende Luft des Arbeitssaales der Schwangeren im neuen Gebärhause zu München, welche oben mitgetheilt wurde, enthielt im Mittel von fünf Versuchen, 2,4 pro mille Kohlensäure.

Im Hörsaale von Liebigs chemischem Laboratorium in München werden alljährlich Abendvorlesungen von 6 bis 7 Uhr für ein aus Herren und Damen gemischtes Publikum

gehalten. Von $5\frac{1}{2}$ Uhr an versammelt sich dasselbe. Der Saal hat mit Abrechnung des Podestes, worauf die sich allmählig erhebenden Bänke stehen, circa 46,000 Cubikfuss und ist für 250 Zuhörer berechnet. Bei diesen Abendvorlesungen sind aber meist über 300 Personen anwesend, und der Saal gedrängt voll. Gegen Ende der Vorlesung ist die Luft meist etwas drückend und unangenehm, und wohl Niemand würde ohne Nachtheil für die Gesundheit im Stande seyn, diese Luft auf längere Zeit zu athmen.

Am 21. März 1857 zeigte die Luft des Hörsaales um

6 Uhr	—	1,08	p. m. Kohlensäure
6 „	30′	2,26	„ „ „
7 „	—	3,22	„ „ „

Bei einer Vorlesung am 23. März um

6 Uhr	5′	1,18	p. m. Kohlensäure
6 „	30	2,33	„ „ „
7 „	—	3,22	„ „ „

Ich untersuchte auch die Luft eines Kneipzimmers in München, über deren schlechte Beschaffenheit von den meisten Gästen Klage geführt wurde. Das Zimmer hat circa 6000 Cubikfuss Inhalt. Am 24. Nov. 1857 waren 21 Personen anwesend, welche sich von $7\frac{1}{4}$ bis 9 Uhr versammelt hatten. 16 von diesen Personen rauchten Cigarren. Um 10 Uhr wurde die Luft untersucht; sie enthielt 3,8 pro mille Kohlensäure.

Am 1. December wurde bei Gegenwart von 20 Personen der Versuch zur nämlichen Zeit wiederholt, es ergaben sich 4,9 pro mille Kohlensäure. Die Klagen über schlechte Luft an diesem Abend waren allgemein.

Am 25. Januar 1858 untersuchte ich die Luft eines Schulzimmers. Dasselbe ist $29\frac{1}{2}$ Fuss lang, $23\frac{1}{2}$ Fuss breit und 15 Fuss hoch; hat 3 Fenster, und war von 70 Schülerinnen im Alter von 9 bis 10 Jahren besucht. Das Zimmer gehört zu den besten, die man gewöhnlich antrifft.

Die Kinder waren von 2—4 Uhr in der Schule. Unmittelbar ehvor sie die Schule verliessen, wurde die Luft auf ihren Kohlensäuregehalt untersucht. Sie zeigte nach einer Bestimmung 7,16 pro mille, nach einer andern 7,23 pro mille. Die Temperatur der Luft des Schulzimmers war 15° R.

Aus diesen Versuchen geht zur Evidenz hervor, dass uns keine Luft behaglich ist, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält. Wir haben somit ein Recht, jede Luft als schlecht und für einen beständigen Aufenthalt als untauglich zu erklären, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält.

Zweite Frage: Wie gross ist der natürliche Luftwechsel in Zimmern und auf welche Weise lässt sich derselbe am zuverlässigsten bestimmen?

Die zweite Frage ist durch die Antwort auf die erste nothwendig geworden. Wir wissen aus der Physiologie, namentlich aus den Untersuchungen von Vierordt und Scharling, wie viel Kohlensäure ein Mensch stündlich in die Luft athmet. Die Ausscheidung von Kohlensäure durch die Haut ist sehr gering, während durch diese mehr Wasser als durch die Lungen austritt. Man kann als Durchschnitt annehmen, dass ein Mensch von mittlerer Grösse in der Minute 5 Liter Luft ausathmet, welche 4 Procent Kohlensäure enthält. Hieraus berechnen sich für 1 Stunde 300 Liter Luft mit 12 Liter Kohlensäure. 24,8 Liters kann man gleich einem bayrischen Cubikfuss nehmen.[1]

Wenn ich 4 Stunden in meinem Arbeitszimmer verweile, so liefere ich 48 Liters oder circa 2 Cubikfuss Kohlensäure durch den Athem in die Luft des Zimmers. Das

[1] 1000 Litres = 1 Cubikmeter = 40,22350 bayerische Cubikfuss = 35,31658 englische Cubikfuss.

Zimmer enthält 3000 Cubikfuss Luft — deren anfänglicher Kohlensäuregehalt als den der freien atmosphärischen Luft zu 0,5 pro mille angenommen, befanden sich in derselben bereits 1,5 Cubikfuss. Die Respiration lieferte binnen 4 Stunden noch 2 Cubikfuss Kohlensäure dazu; es sollten sich somit 3,5 Cubikfuss oder 1,2 pro mille Kohlensäure in der Luft befinden; die Beobachtung weist aber nur 0,54 bis 0,68 pro mille nach. Wenn mithin die Kohlensäure nicht im Raume selbst absorbirt worden ist, so kann sie nur durch Luftwechsel verschwunden seyn.

Wir haben in unsern Wohnungen, wenn sie nicht ganz neu sind, keine Flächen, welche Kohlensäure absorbiren könnten. Der Aetzkalk im Mörtel und in der Verkleidung der Wände ist, wenn die Wände trocken sind, keine Quelle einer solchen Absorption. Die zunächst mit der Zimmerluft in Berührung stehenden Wandflächen werden bald in kohlensauren Kalk verwandelt; es beruht ja grossentheils hierauf die Erhärtung des Luftmörtels und die Fixirung aller Anstriche auf frischen Kalkwänden. Der etwaige Aetzkalkgehalt im Innern der Wand kommt hier nicht mehr in Betracht, denn sobald die Luft diesen erreicht, so ist der Fall des Luftwechsels bereits gegeben. Die Ursachen, welche die kohlensäurehaltige Luft 1 und 2 Fuss tief in die Wand hineinführen, führen dieselbe auch durch die Wand hindurch in's Freie, denn es ist unstatthaft, zu denken, dass die Luft sich in die Wand begäbe, um ihre Kohlensäure zu verlieren und dann als kohlensäurefreie Luft wieder in's Zimmer zurückzukehren. Ein solcher Fall wäre nur theilweise denkbar, wenn wir nach Aussen einen hermetischen Verschluss hätten. Wenn aber die Luft durch die Wände durch in's Freie dringt, so kann es gleichgültig seyn, wie viel sie auf diesem Wege an ihrem Kohlensäuregehalt verliert.

Es lässt sich übrigens durch direkte Versuche beweisen, dass ausgetrocknete Mörtel einer Luft, die nicht mehr als

1 Procent (oder 10 pro mille) Kohlensäure enthält, keine merkliche Menge Kohlensäure entzieht. Wenn man Luft mit 8 pro mille Kohlensäuregehalt durch eine 1 Fuss lange Röhre leitet, welche mit an der Luft erhärtetem und trockenem Mörtel gefüllt ist, so verliert sie keine messbare Menge. Es stimmt das auch mit den Erfahrungen von Fuchs überein, welcher fand, dass Kalkhydrat an der Luft nur bis zu einem gewissen Punkte leicht Kohlensäure aufnimmt, nämlich bis die Hälfte des Aetzkalkes damit gesättigt ist. Er nimmt dann das Bestehen einer Doppelverbindung (Kalk-Hydrocarbonat) an, welches sich gegen eine nur wenig mit Kohlensäure beladene Luft nahezu indifferent verhält. Desswegen finden wir den Mörtel selbst in Jahrtausend alten Gebäuden manchmal noch theilweise ätzend, wenn wir ihn mit Wasser übergiessen.

Wie schwer Antheile unter 1 Procent Kohlensäure aus Gasgemischen durch trockenes Kalkhydrat zu entfernen sind, zeigt sich auch bei der fabrikmässigen Reinigung des Leuchtgases von Kohlensäure, was namentlich beim Holzgase schon oft beobachtet worden ist. Selbst in ganz frisch gefüllten Reinigern gelingt es nicht, dem Gas die letzten Antheile Kohlensäure zu entziehen, und bleiben meistens 4—5 pro mille noch darin enthalten. Um diese noch zu entfernen, ist eine viel längere Berührung mit dem Kalkhydrate vonnöthen.

Ich glaube nicht zu irren, wenn ich die Abnahme der Kohlensäure in einer Zimmerluft als einen sichern Maassstab für den Luftwechsel annehme, der in demselben stattfindet, vorausgesetzt, dass die Wände des Zimmers trocken, und das Gebäude nicht zu neu ist. Ich habe in meinem Arbeitszimmer im physiologischen Institute dahier, welches seit mehr als 3 Jahren bezogen ist, Versuche in dieser Richtung ausgeführt, deren Resultat ich nun mittheilen werde. Nachdem alle Fenster und Thüren des 3300 Cubikfuss haltenden

Zimmers, in dem mehrere Möbel und Schränke stehen, welche den Luftcubus auf etwa 3000 Cubikfuss reduciren, sorgfältig geschlossen waren, zündete ich am 7. März 1857 in einem gut ziehenden Windofen Holzkohlen an, von denen in 1 Stunde 595 Grammen verbrannten. Der Kohlensäuregehalt der Luft war

	Uhr	Min.	pro mille	Zimmertemperatur
um	12	30	6,00	bei 30° C.
„	1	—	3,07	„ 25° C.
„	1	30	2,04	„ 24° C.

Am 9. März wurde der Versuch wiederholt und in einer Stunde 2 Pfund Holzkohlen verbrannt. Kohlensäuregehalt der Luft

	Uhr	Min.	pro mille	Zimmertemperatur
um	11	30	14,09	bei 23,5° C.
„	11	34	13,18	—
„	12	30	5,12	„ 19° C.
„	1	30	2,15	„ 18° C.
„	2	30	1,20	„ 17° C.

Die Temperatur der äussern Luft blieb während des Versuches auf 0° C.

Am 20. Oktober 1857 wurde der Versuch wiederholt, aber die Kohlensäure aus doppelt kohlensaurem Natron und verdünnter Schwefelsäure entwickelt, weil beim Verbrennen der Kohlen trotz des lebhaftesten Zuges im Windofen stets eine erhebliche Quantität Kohlenoxydgas sich bildet, wodurch ich mir am 9. März ein zwar rasch vorübergehendes, aber sehr heftiges Unwohlseyn — eine Intoxication mit Kohlendampf — zugezogen hatte, welches mich beinahe an der Beendigung des Versuches, der weder das Oeffnen einer Thüre, noch eines Fensters erlaubte, gehindert hätte. — Nach völliger Beendigung der Entwickelung am 20. Oktober und Mischung der Luft mit einem grossen Fächer betrug der Kohlensäuregehalt derselben

	Uhr	Min.	pro mille	
um	12	15	4,84	bei 22° C.
„	12	55	3,94	„ 23° C.
„	1	20	3,68	„ 23° C.
„	2	—	2,98	„ 22,75° C.
„	2	30	2,66	„ 22,25° C.

Nun wurde ein Fenster, von 9½ Quadratfuss Fläche, 5 Minuten lang geöffnet, wieder geschlossen und die Luft nach 10 Minuten untersucht, sie zeigte

um 2 Uhr 45 Min. 2,38 pr. m. Kohlensäure bei 22° C.

Die Temperatur der äussern Luft betrug

um	12	Uhr	—	Min.	15° C.
„	12	„	55	„	19,4° C.
„	1	„	20	„	19,4° C.
„	2	„	45	„	18,7° C.

Am 11. December 1857 wurde der Versuch mit Kohlensäure aus doppelt kohlensaurem Natron wiederholt. Dieser Tag wurde gewählt, weil eine gleiche oder doch sehr ähnliche Differenz zwischen der Temperatur im Freien und im Zimmer zu erreichen war, wie am 9. März. Es war ein trüber, kalter Tag, wo die Temperatur im Freien nur geringen Schwankungen unterliegt. Bei diesem Versuche wollte ich den Einfluss kennen lernen, welchen ein möglichst sorgfältiges Verschliessen aller zufälligen Oeffnungen an Fenstern und Thüren auszuüben im Stande ist, so dass die Ventilation wesentlich nur durch Fussboden, Wände und Decke des Zimmers erfolgen konnte. Zu diesem Behufe wurden alle Fugen des Fensters und der beiden Thüren einige Tage zuvor mit gut geleimtem Schreibpapier und Kleister verklebt bis auf 1 Thürflügel, durch den man aus- und eingehen konnte. Als ich mich am 11. December eingeschlossen hatte, verklebte ich auch diesen und zuletzt das Schlüsselloch. Nach beendigter Kohlensäure-Entwicklung zeigte die Zimmerluft an Kohlensäure

	Uhr	Min.	pro mille	
um	12	45	4,21	bei 18° C.
„	1	15	2,91	„ 18° C.
„	1	45	2,21	„ 18° C.
„	2	15	1,76	„ 18,5° C.

Bei Beginn des letzten Versuches wurde im Ofen Feuer gemacht. Dasselbe brannte trotz des sorgfältigsten Verschlusses aller Oeffnungen des kleinen Zimmers sehr lebhaft, so dass man augenfällig sah, dass die Luft, welche durch den Aschenfall nach dem Kamin strömte, jeden Augenblick von aussen wieder ersetzt werden musste. Da die Oefen so construirt sind, dass der Aschenfall und der Rost des Ofens jeder seine eigene Thüre, und zwar an verschiedenen Seiten desselben hatte, so liess sich mit dem Anemometer die Menge Luft, welche in den Ofen strömte, sehr leicht messen: sie betrug per Stunde 60 Cubikmeter. Einige Tage darauf bestimmte ich abermals den Zug des Ofens ohne den sorgfältigen Verschluss an Thüren und Fenstern; er betrug 62 Cubikmeter per Stunde. Eine so geringe Differenz möchte ich lieber auf andere hier maassgebende Umstände, als das Erschweren des Luftzutrittes durch Fenster und Thüren schieben, und selbst wenn sie hiedurch bedingt gewesen seyn sollte, so ist sie so klein, dass sie alle Bedeutung verliert. Als nach einer halben Stunde, während welcher Zeit das Thürchen zum Aschenfall völlig geöffnet blieb, die Luft wieder auf Kohlensäure untersucht wurde, zeigte sie um 2 Uhr 45 Minuten 1,17 pro mille bei 20,4° C. Temperatur. An dieser Stelle erwähne ich, dass bei allen vorausgehenden Versuchen die Ofenthüren und auch die Klappe im Ofenrohr geschlossen waren, so dass der Zug des Kamines mit dem Luftwechsel im Zimmer in keiner Verbindung stand.

Ich komme nun zur Erörterung der Frage, wie man die Abnahme des Kohlensäuregehaltes einer Zimmerluft

dazu benützen kann, den Luftwechsel während der treffenden Zeitabschnitte zu bemessen.

Vor allem muss man festhalten, dass bei dieser Art des Luftwechsels keine einfache Verschiebung oder Verdrängung der verdorbenen Luftmassen durch reine ohne gleichzeitige Vermischung in einander stattfinden kann. Mischt sich aber die einfliessende frische Luft beständig mit der verdorbenen Luft, so sieht man ein, dass man, um z. B. 1000 Volume verdorbener Luft aus ihrem Raume gänzlich zu entfernen, viel mehr als 1000 Volume frischer Luft brauchen wird, bis die letzten Antheile verdorbener Luft entfernt sein werden. Man kann sich das Ventiliren geschlossener Räume ähnlich, wie das Auswaschen von Niederschlägen vorstellen, wo man stets ein sehr Vielfaches von reinem Wasser braucht, ehe man die gelösten, flüssigen Theile vollständig aus den festen zu entfernen vermag. Eine noch richtigere Vorstellung erhalten wir, wenn wir uns ein Gefäss, z. B. ein Fass mit einer Zufluss- und Abflussröhre an zwei verschiedenen Punkten denken. Das Fass enthalte eine gefärbte Flüssigkeit, welche in fortwährender Bewegung erhalten werden kann. Durch die Zuflussröhre führen wir eine ungefärbte Flüssigkeit ein, welche sich mit der gefärbten Flüssigkeit mischt. Diese fliesst in dem Maasse ab, als die ungefärbte Flüssigkeit zuströmt. Wenn die Farbe intensiv ist, so werden wir sehr oftmal dem Inhalt des Fasses ungefärbte Flüssigkeit müssen zulaufen lassen, ehe die Flüssigkeit ganz ungefärbt abläuft. Die Färber wissen am besten, welche grosse Mengen fliessenden Wassers nothwendig sind, um aus den Zeugen Flüssigkeiten von intensiver Farbe auszuwaschen; denn wie das ungefärbte Wasser damit in Berührung kommt, so verdrängt es nicht einfach die farbige Flüssigkeit, sondern mischt sich damit und wird dadurch selbst gefärbt. Die gänzliche Entfernung gelingt nur durch eine sehr allmählig fortschreitende

Verdünnung. Da die Beweglichkeit und Mischbarkeit luftförmiger Körper noch viel grösser ist und leichter von Statten geht, so können wir von vornherein annehmen, dass die Reinigung einer verdorbenen Zimmerluft enorme Mengen frischer Luft consumiren wird.

Wenden wir nun diese Betrachtung auf den Kohlensäuregehalt der Luft an. Die Quantität der durch die Ventilation zuzuführenden Luft muss die Quantität der Luft, welche in der gleichen Zeit ausgeathmet wird, wenigstens in dem Verhältnisse übertreffen, in welchem der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft grösser ist, als die Differenz zwischen dem Kohlensäuregehalte der freien Luft und einer Luft, in welcher der Mensch erfahrungsgemäss auf längere Zeit sich behaglich und wohl befindet. Nun ist aber der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft 4 Procent oder 40 pro mille, der mittlere Kohlensäuregehalt der freien Luft circa 0,5 pro mille, und der Kohlensäuregehalt einer guten Zimmerluft nach den oben angegebenen Untersuchungen durchschnittlich nicht über 0,7 pro mille. Hieraus ergibt sich $\frac{40}{0{,}2} = 200$.

Mit Worten ausgedrückt, lautet der Satz: Wenn ein Mensch, oder eine Anzahl von Menschen in einem geschlossenen Raume athmen, so müssen wir in diesem Raume das 200fache Volum der ausgeathmeten Luft an frischer Luft in jedem Zeitmomente zuführen, wenn die Luft im Raume stets gut bleiben soll. Wenn hienach ein Mensch stündlich 300 Liter Luft in einem Zimmer ausathmet, so müssen demselben in dieser Zeit 60000 Liters oder 60 Cubikmeter frischer Luft zugeführt werden. — So enorm diese Menge erscheint, so hat sie sich in der Praxis dennoch als unumgänglich nothwendig und als richtig bemessen erwiesen. Man ist in Frankreich auf ganz anderem Wege, als ich, zur nämlichen Grösse gelangt. Man hat in einigen Spitälern

von Paris Ventilationsapparate angewendet, welche mit mechanischer Kraft Luft in die Krankensäle durch Röhren eintreiben. Die Menge der in den Röhren einströmenden Luft kann mit Anemometern sehr genau gemessen werden. Man war anfangs sehr unsicher darüber, wie viel frische Luft man für einen Kranken in der Stunde verlangen soll. Anfangs glaubte man, 10 Cubikmeter (400 Cubikfuss) in der Stunde könnten für 1 Kranken hinreichend seyn, — es zeigte sich aber, dass bei dieser Ventilation die Luft in den Sälen einen sehr üblen Geruch hatte. Man stieg auf das Doppelte, auf 20 Cubikmeter — aber das Resultat war nicht viel besser. Endlich entschloss man sich, so kräftig zu ventiliren, bis die Luft in den Sälen rein blieb, gleichviel, welche Mengen frischer Luft man dazu brauchen würde, und nun bestimmte man die Menge Luft, welche unter diesen Umständen in die Säle einströmte. Man fand, dass 60 Cubikmeter per Stunde und Kranken nothwendig waren, um die Luft gut zu erhalten. Diese 60 Cubikmeter Luft per Stunde und Kranken werden nun in Frankreich unabänderlich von jedem Ventilationsapparate als Minimum gefordert.

Ich will nun untersuchen, in wie weit die freiwillige oder natürliche Ventilation der Wohnzimmer diesen Anforderungen genügt. Zunächst muss ein Weg gefunden werden, die Abnahme der Kohlensäure in ein kubisches Maass für die zufliessende frische Luft zu verwandeln. Es ist offenbar, dass wir in der wechselnden Grösse des Kohlensäuregehaltes der Zimmerlnft, und im Kohlensäuregehalte der freien Luft die Elemente der Rechnung suchen müssen. Professor Dr. Seidel, hatte die Güte, mir für diesen Zweck eine mathematische Formel zu construiren, nach welcher sich die zwischen dem Zeitraume zweier Kohlensäurebestimmungen zufliessende Menge frischer Luft berechnen lässt. Der Rechnung liegt die ohne Zweifel richtige Annahme zu Grunde, dass die frische Luft sich beständig

mit der Zimmerluft mische, und dass desshalb auch beständig eine Mischung von alter und neuer Luft den Raum verlasse.

Wenn m das Volum Zimmerluft, p deren anfänglicher Kohlensäuregehalt per mille, ferner a der Kohlensäuregehalt des Volums m nach einer bestimmten Zeit, ferner q der Kohlensäuregehalt der frischen Luft ist, so findet man das Volum frischer Luft y, welches inzwischen einfliessen musste, um den Kohlensäuregehalt des Volums m von p auf a zu erniedrigen, in folgender Formel ausgedrückt:

$$y = 2{,}30258 \, . \, . \, m \, . \, \mathrm{Log.} \, \frac{p-a}{a-q}$$

Log. bedeutet den tabulären Logarithmus, welcher als Differenz zweier Logarithmen gefunden wird:

$$\mathrm{Log.} \, \frac{p-a}{a-q} = \mathrm{Log.} \, (p-a) - \mathrm{Log.} \, (a-q)$$

In der folgenden Tabelle finden sich die oben mitgetheilten Versuche zusammengestellt, und es ist angegeben, wie viel auf 1000 Cubikfuss Zimmerluft zwischen 2 Beobachtungen frische Luft sich beigemischt hat. Der Kohlensäuregehalt der freien Luft ist stets zu 0,5 pro mille angenommen.

Laufende Zahl der Beobachtungen.	Der Beobachtung. Stunde.	Der Beobachtung. Minute.	Kohlensäure-Gehalt der Zimmerluft in 1000 Volum.	Berechneter Luftwechsel auf 1000 Cub.-Fuss Zimmerluft in Cub.-Fussen.	Temperatur im Zimmer.	Temperatur im Freien.	Luftwechsel auf 1000 Cub.-Fuss per Stunde in Cubik-Fussen.	Mittel per Stunde in Cub.-Fussen.
			I. Beobachtungen am 7. März 1857.					
1	12	30	6,00	—	30	6	—	
2	1	—	3,07	761	25	—	1522	1273,1
3	1	30	2,04	512,1	24	—	1024,2	
			II. Beobachtungen am 9. März 1857.					
4	11	30	14,09	—	23,5	0	—	
5	11	34	13,18	69,3	—	—	1039,5	
6	12	30	5,12	1009,8	19	—	1082,6	1002,2
7	1	30	2,15	1029,5	18	—	1029,5	
8	2	30	1,20	857,4	17	0	857,4	
			III. Beobachtungen am 20. Oktober 1857.					
9	12	15	4,84	—	22	15	—	
10	12	55	3,94	232,1	23	19,4	348,1	
11	1	20	3,68	78,7	23	19,4	188,8	
12	2	—	2,98	248,4	22,75	—	372,6	296,5
13	2	30	2,66	138,2	22, 2	—	276,4	
14	2	45	2,38	138,8	22	18,7	555,2	
			IV. Beobachtungen am 11. December 1857.					
15	12	45	4,21	—	18	— 1	—	
16	1	15	2,91	431,4	18	—	862,8	
17	1	45	2,21	343,1	18	—	686,2	719,9
18	2	15	1,76	305,4	18,5	—	610,8	
19	2	45	1,17	631,6	20,4	— 1	1263,2	

Diese vier Beobachtungsreihen und ihre Ergebnisse erheischen noch einige Bemerkungen. An allen vier Tagen zeigt sich, dass der Luftwechsel Anfangs am grössten ist, und gegen das Ende etwas abnimmt. Diess beruht auf zwei Ursachen. Erstens ist zu Anfang der Versuche meist die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen grösser, als gegen das Ende der Versuche, und dieser Einfluss ist

wohl der bedeutendere; dann ist aber zweitens nicht zu vergessen, dass die Versuche an dem Gebrechen leiden, dass die Entwicklung von Kohlensäure in die Luft zu keiner Zeit ganz aufhörte, weil ich nothwendigerweise im Zimmer bleiben musste, um die Versuche auszuführen. Die aus meinen Lungen stammende Kohlensäure hat nur einen geringen Einfluss auf das Resultat der Rechnung bei einem grossen Gehalt der Zimmerluft an Kohlensäure, wie er zu Anfang der Versuche ist, hingegen einen sehr merklichen bei einem geringen Gehalte, wie er stets am Schluss derselben sich ergibt. Nimmt man z. B. den Versuch 8 und rechnet die während einer Stunde entwickelte Kohlensäure (circa 0,5 Cubikfuss) aus der Zimmerluft (3000 Cubikfuss) hinweg, so ergäbe sich ein Kohlensäuregehalt derselben von nur 1,0 pro mille, wornach sich der Luftwechsel per Stunde wesentlich höher, als auf 857 Cubikfuss per 1000 Cubikfuss Zimmerinhalt berechnen würde.

Der Versuch 11 ist mit einem Fehler in der Bestimmung der Kohlensäure behaftet. Zwischen dem Versuche 9 und 10 fand ein Luftwechsel statt, der per Stunde und 1000 Cubikfuss sich auf 348 Cubikfuss berechnet. Zwischen den Versuchen 10 und 11 hätte er aber nur 188, hingegen zwischen 11 und 12 wieder 372, also mehr als Anfangs betragen. Es ist offenbar, dass in dem Versuche 11 der Kohlensäuregehalt zu hoch gefunden wurde, wahrscheinlich in Folge unrichtigen Aufschreibens oder Ablesens. Dadurch wird die Differenz und mit ihr der Luftwechsel zwischen Versuch 11 und 10 zu gering, zwischen 11 und 12 aber in gleichem Verhältnisse zu gross. Der richtig ausgeführte Versuch 12 compensirt nothwendig den Fehler des Versuches 11. In der That ist das arithmetische Mittel von 188,8 + 376,6 gleich 280, was weniger als das vorausgehende 348 und mehr als das nachfolgende 276 ist.

Eine kleine Ausnahme von der Regel, dass der Luft-

wechsel mit dem Sinken des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft sich stets etwas geringer berechne, bildet auch der Versuch 5, der mir übrigens von besonderem Interesse scheint. Ich begann um 11 Uhr 30 Minuten (Versuch 4) zwei neben einander stehende Flaschen mit Luft zu füllen. Der Zeitraum, der zwischen der Beendigung der gleichen Operation an der einen und der andern Flasche verfloss, betrug 4 Minuten. Ich hoffte bei der Untersuchung von 5 nahezu das gleiche Resultat, wie bei 4, zu erhalten, war aber über die grosse Differenz im Kohlensäuregehalte sehr überrascht. Meine Methode der Kohlensäurebestimmung ist so genau und so leicht auszuführen, dass sie auf $\frac{1}{2}$ Zehntausendstel jedenfalls sicher ist; hier fand ich bereits nach 4 Minuten eine Differenz von nahezu 1 Tausendstel. Berechnet man aber nach der Formel von Seidel die Ventilation zwischen Versuch 4 und 5 auf die Stunde, so erhält man ein ähnliches Resultat, als wenn man sie aus den Differenzen von Versuch 5 und 6 oder 6 und 7 berechnet. Diese Uebereinstimmung gilt mir als eine Garantie für die Richtigkeit sowohl der Voraussetzungen, als der Methode, deren ich mich zur Entscheidung der vorliegenden Fragen bediente.

Bei Berechnung der Mittel der vier Beobachtungsreihen sind die Versuche 14 und 19 unberücksichtigt geblieben, weil sich diese auf wesentliche Aenderungen in den Umständen beziehen. Beim Versuch 14 wurde der Einfluss des Oeffnens eines Fensters untersucht, beim Versuche 19 der Einfluss des brennenden Feuers in einem Ofen, der von innen geheizt werden kann.

Da das Zimmer, in dem diese Versuche gemacht wurden, circa 3000 Cubikfuss Inhalt hat, so ergibt sich im

								Cubikfuss
Versuch	I	am	7. März	eine	stündliche	Ventilation	von	3819,3
	II	„	9.	„	„	„	„	3006,6

						Cubikfuss
Versuch III	am	20. Okt.	eine stündliche	Ventilation	von	889,5
„ IV	„	11. Dec.	„	„	„	2159,7

oder in runden Zahlen I = 95 Cubikmeter per Stunde
II = 74 „
III = 22 „
IV = 54 „

Die freiwillige Ventilation in einem Zimmer ist mithin so bedeutend, aber zugleich so veränderlich, dass es sich sehr der Mühe lohnt, alle Momente genauer kennen zu lernen, welche darauf Einfluss haben. Und das führt uns zur Erörterung der dritten Frage.

Dritte Frage: Welche Verhältnisse wirken vermehrend oder vermindernd auf die Grösse des natürlichen Luftwechsels in den Wohnzimmern ein?

Den hervorragendsten Einfluss übt, wie uns gleich der erste Blick auf die obige Zusammenstellung zeigt, die Differenz der Temperatur im Zimmer und im Freien. Bei dem

Versuch I	betrug die durchschnittliche Differenz 20°	und die Luftmenge	95	Cubikmet.
II	19°	„	75	„
III	4°	„	22	„
IV	19°	„	54	„

Der Versuch IV, bei dem Fenster und Thüren verklebt waren, kann nicht direkt mit den übrigen dreien verglichen werden; aber er zeigt zur Evidenz, dass eine merkliche Differenz der Temperatur mehr Luftwechsel in einem Zimmer hervorbringt, als ein etwas dichterer oder loserer Verschluss durch Thüren und Fenster. Die wichtigsten Folgerungen für die Praxis gehen aus diesem Verhältnisse hervor. Vor Allem sehen wir, dass die Luft in den ohnehin meist überfüllten Wohnungen unserer Armen im Winter aus zwei Gründen sehr nachtheilig auf ihre Gesundheit wirken muss. Sie haben kein Holz, um einzuheizen, oder mit

andern Worten, eine merkliche Differenz der Temperatur der Zimmerluft und der freien Luft herzustellen. Sie frieren desshalb nicht bloss in ihren Wohnungen, es verdirbt die Luft ihrer Zimmer auch in einem viel höheren Grade durch Respiration und Perspiration. Das erklärt auch theilweise den grossen Unterschied in der Wirkung kalter Luft im Freien und kalter Luft in geschlossenen Zimmern auf unsere Gesundheit, und rechtfertigt die Unterstützung der Armen mit Brennmaterial im Winter als eine sanitäts-polizeiliche Maassregel von grosser Bedeutung und Tragweite.

Im Sommer, oder richtiger bei einer Lufttemperatur, wo das Einheizen nicht mehr nöthig ist, steht uns ein sehr einfaches Mittel zu Gebot, auch bei geringen Temperatur-Differenzen den Luftwechsel bedeutend zu steigern, das ist das Oeffnen der Fenster. Es ist klar, dass bei gleich bleibendem Durchmesser aller Oeffnungen in unsere Wohnungen bei grossen Temperatur-Differenzen mehr Luft aus und ein gehen wird, als bei geringen Differenzen, aber eben so gewiss ist, dass bei gleichen Differenzen mehr Luft durch grössere, als durch kleinere Oeffnungen gehen wird. In der Vergrösserung der Oeffnungen haben wir desshalb ein wirksames Mittel der Ventilation. Um dieses anschaulich zu machen, habe ich bei dem Versuche III, wo die Temperatur-Differenz nur 4° C. betrug, die Beobachtung 14 ausgeführt. Während die vorausgehende Beobachtung 13 bei geschlossenen Fenstern eine Ventilation von 276 Cubikfuss oder nahezu 7 Cubikmeter per Stunde und 1000 Cubikfuss ergab, erhielt ich bei Oeffnung eines Fensterflügels von 9½ Quadratfuss Fläche gleich das doppelte Luftquantum, 14 Cubikmeter. Hieraus ersieht man aber ferner, wie wesentlich die Grösse der Fenster und ihr Verhältniss zum Wohnraume ist. Die Oeffnung des einen Flügels war noch nicht genug, um für mein 3000 Cubikfuss haltendes Zimmer die Normalquantität Luft (60 Cubikmeter per Mann und

Stunde) zu liefern (es berechnen sich nämlich nur 52 Cubikmeter), aber ich sehe mit voller Bestimmtheit, dass ich weit mehr, als das Normalquantum erhalten hätte, wenn ich auch noch den zweiten Fensterflügel geöffnet hätte.

Wir sehen hieraus auch, dass das Oeffnen eines Fensters für die Ventilation einen sehr verschiedenen und relativen Werth hat, und wir wissen auch längst, dass wir, je nachdem Temperatur und Wind aussen sind, das Fenster eines Zimmers verschieden lang offen zu halten haben, um gut zu lüften. Im Winter zeigt sich eine halbe Stunde so wirksam, als im Sommer ein halber Tag.

Würde constatirt seyn, wie gross die Oeffnung in der Wand bei Gleichheit der Temperaturen innen und aussen zu seyn hat, um den Bedürfnissen der Ventilation zu entsprechen, so könnte man für jeden Grad der steigenden Temperaturdifferenz die Oeffnungen verhältnissmässig verkleinern. Auf Grund dieses Principes lassen sich sogar selbstthätige Apparate denken, welche z. B. durch Metall- (Zink-) Stangen bewegt werden, deren eine Abtheilung im Zimmer, die andere in der freien Luft stehen müsste, und welche im Maasse ihrer verschiedenen Ausdehnung durch die Wärme als bewegende Kraft auf einen Mechanismus in der Art wirkten, dass bei Gleichheit der Temperaturen die Oeffnung ganz frei wäre, und bei steigenden Differenzen mehr und mehr geschlossen würde. Ein solcher Apparat müsste gleichmässig functioniren unter der Voraussetzung, dass im Raume, welcher bewohnt wird, die Luft beständig einerlei Temperatur (z. B. 20° C. oder 16° R.) haben würde, und ausser der Temperatur kein weiteres Moment auf den Luftwechsel wirken könnte. Das ist nun aber beides nicht immer der Fall.

Aus den Beobachtungen 18 und 19 lässt sich eine Vorstellung über den Einfluss des Feuers in einem Ofen gewinnen, der von innen geheizt wird. Die freiwillige

Ventilation im ganzen Zimmer betrug im Mittel der vorausgehenden Bestimmungen 54 Cubikmeter per Stunde; bei diesen war die Communication der Zimmerluft mit dem Kamine abgesperrt. Als dieselbe beim Versuche 19 hergestellt war, und ein lebhaftes Feuer im Ofen brannte, erhob sich der natürliche Luftwechsel unter sonst gleichen Umständen auf 94 Cubikmeter per Stunde, was eine Zunahme von 40 Cubikmetern ergibt. Wir können hieraus den Werth des Zuges in einem Ofen für die Ventilation bemessen. Für einen einzelnen Menschen hat dieser Zug noch eine wesentliche Bedeutung, aber für eine grössere Anzahl von Menschen, von denen jeder 60 Cubikmeter per Stunde bedarf, sinkt sein Werth zur Bedeutungslosigkeit herab. Ich habe auch grössere Oefen, als der in meinem Arbeitszimmer, welches nur circa 75 Cubikmeter (3000 Cubikfuss) Inhalt hat, mit Hilfe des Anemometers darauf untersucht, wie viel sie Luft verzehren. In den günstigsten Fällen habe ich etwas mehr als 90 Cubikmeter per Stunde gefunden. Man könnte also den Luftwechsel, der in einem von mehreren Menschen bewohnten Saale über den natürlichen Luftwechsel hinaus durch den Zug eines ohne Unterbrechung geheizten Ofens verursacht wird, höchstens für 1½ Menschen genügend erklären. Es begreift sich daraus die Fruchtlosigkeit aller Bemühungen, die Luft stark bewohnter Zimmer bloss dadurch rein zu erhalten, dass man den Ofen von innen heizt. Das kann nur einen Werth für sehr schwach bewohnte Zimmer haben, in denen die natürliche Ventilation bereits gross ist. Zudem ist nicht zu übersehen, dass auch dieser geringe Werth für bewohntere Säle fast ganz verschwindet, wenn nicht geheizt wird, und das geschieht gerade zu Zeiten, wo die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen sehr gering wird, und mit dieser auch die natürliche Ventilation sehr herabsinkt.

Ich weiss allerdings, dass ich mit diesem Ausspruche

gegen das Vorurtheil einer grossen Menge verstosse, und namentlich der Liebhaberei für englische oder welsche Kamine nahe trete. Ich hatte in dieser Beziehung früher selbst andere Vorstellungen, wurde aber durch meine quantitativen Untersuchungen zu den wesentlichen Berichtigungen gezwungen, die ich eben angeführt habe.

Was ferner einen merklichen Einfluss auf die natürliche Ventilation unserer Wohnungen ausübt, das ist die Geschwindigkeit der Luft im Freien. Es ist eine alte Erfahrung, dass wir viel mehr heizen müssen, wenn es kalt und windig, als wenn es kalt und windstill ist. Ich habe übrigens diesen Einfluss noch nicht quantitativ untersucht, und kann hierüber keine Zahlenangaben machen. Die Untersuchung ist übrigens leicht nach den nämlichen Principien durchzuführen, wie die vorigen. Man hätte in einem Wohnzimmer, dessen natürliche Ventilation bei einer gewissen Temperaturdifferenz man kennt, die Abnahme der Kohlensäure bei verschiedenen Windstärken der freien Luft zu beobachten. Die Windstärken sind leicht durch die Neumannschen Anemometer zu bestimmen.

Was unter allen Umständen von hervorragender Wichtigkeit bei der natürlichen Ventilation unserer Wohnungen seyn wird, das ist die grössere oder geringere Porosität des Baumaterials. Dass unsere Baumaterialien und die Art ihrer Zusammenfügung keinen luftdichten Verschluss gegen die äussere Atmosphäre bilden, wird wohl von vornherein angenommen werden dürfen. Es handelt sich zunächst um den Betrag der Wirkung, welche zu Gunsten der Ventilation auf diesem Wege ausgeübt werden kann. — Dass die Grösse bei Wänden aus Ziegelsteinen eine sehr bedeutende seyn müsse, geht ganz deutlich aus den Versuchen 15—19 am 11. December hervor, bei denen alle Fugen an Fenstern und Thüren sorgfältig verklebt waren. Die Ventilation war an diesem Tage nur ein Viertel geringer, als am 9. März (Beobachtungen 4—8), wo die Temperaturdifferenz einen Grad mehr

betrug, und alle Fenster und Thüren wohl geschlossen, aber nicht verklebt waren. Siehe S. 81.

Wenn ich noch irgend einen Zweifel darüber gehabt hätte, ob dieser bedeutende Luftwechsel in einem nur 75 Cubikmeter haltenden Zimmer wirklich durch das Mauerwerk Statt finde, so hätten mich frühere Versuche, die ich über die Porosität von Mörtel, Ziegelstein und Holz anstellte, davon gänzlich überzeugt. Ich habe bereits im Jahre 1851 (Dinglers polytechnisches Journal) in einem Artikel über Ofen- und Luftheizung erwähnt, dass die Eigenschaft der Porosität bei unserem Baumaterial eine wichtige sanitätische Rolle spiele. Um diese Thatsache anschaulich zu machen, kann man jeden gewöhnlichen Ziegelstein benützen. Man überzieht von den sechs jeden Ziegelstein begränzenden Flächen vier davon mit einer der Luft undurchdringlichen Masse, aus gelbem Wachs, Oel und Harz, in der Art, dass zwei gegenüber liegende Flächen frei bleiben. Man streicht und verbindet diese Masse mit erwärmten Spateln auf den Stein, wie ein Pflaster auf Leinwand. Nun legt man Bleche oder Platten von der Grösse der beiden gegenüberstehenden, vom Wachsüberzuge frei gebliebenen Flächen auf diese. Die Bleche haben in der Mitte ein etwa $\frac{1}{4}$ Zoll weites Loch, in welches je eine Röhre von ein Paar Zoll Länge luftdicht eingepasst, am besten eingelöthet wird. Sind die Bleche oder Platten auf die freien Flächen des Ziegelsteins aufgelegt, so werden sie an ihren Rändern mit der nämlichen klebenden Masse, womit man den Stein überzogen hat, luftdicht mit den vier überzogenen Flächen verbunden. Der ganze Apparat stellt nun gleichsam eine Röhre von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser dar, welche von einer Ziegelsteinmasse von bestimmter Oberfläche und Dicke unterbrochen wird. Bläst man nun zu einem Rohre hinein, während man die Mündung des gegenüber liegenden etwas unter Wasser hält, so wird die Luft, so viel man auf der freien Fläche durch den Ziegelstein blasen

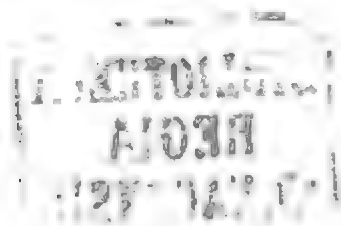
kann, in der gegenüber stehenden Röhre wieder gesammelt, unter Wasser mit Geräusch und in Blasenform austreten, da sie seitlich nirgends entweichen kann.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Porosität des Mörtels. Der Mörtel ist dasjenige Material, welches bei dem verschiedensten Baumaterial (Ziegelstein, Bruchstein, Sandstein) als Verbindungsmittel, und in der ganzen civilisirten Welt als Verkleidung des Innern, und meistens auch des Aeussern der Gebäude benützt wird. Der Mörtel, dieses Gemenge, das man gewöhnlich aus 1 Theil gelöschtem Kalkbrei und 2 Theilen Sand bereitet, ist der ganzen civilisirten Welt gemeinsam; wir verwenden ihn in unsern Gebäuden bei jeder möglichen Verschiedenheit des Baumaterials. Ich habe mir Mörtel aus einem alten Gebäude verschafft, der sehr hart geworden war. Ich liess ihn zu einem möglichst cylindrischen Stücke behauen, richtete ihn in ähnlicher Weise vor, wie ich oben bei dem Ziegelsteine angegeben, und fand dass man durch das Mörtelstück sehr leicht Luft blasen kann. — Beispiel von den Weissdecken S. unten §. 112.

Diese Permeabilität für Luft verliert aber der Mörtel gänzlich, sobald er an den beiden, vom Wachsüberzuge freien Flächen, oder selbst nur an einer derselben, hinlänglich mit Wasser benetzt wird. Ziegelstein verhält sich ähnlich gegen das Wasser, ebenso Sandstein. Die Poren, welche sonst der Luft mit Leichtigkeit den Durchgang gestatten, sind nun mit Wasser verschlossen, welches bei der feinen Vertheilung so fest adhärirt, dass es durch mechanische Kraft von der Luft nicht verdrängt werden kann. Während sonst die geringste Spannung der Luft hinreicht, sie durch den Mörtel hindurch zu bewegen, kann man bei befeuchtetem Mörtel das Hundertfache der Kraft anwenden, und man sieht durch denselben dennoch nicht eine einzige Luftblase austreten. — Mit der Verdunstung des Wassers wird der Mörtel wieder durchgängig für die Luft.

Aus diesen Thatsachen erhellt klar, welchen Einfluss nasse und trockene Wände auf den Luftwechsel in unsern Gebäuden haben müssen. Um die Durchgängigkeit für Luft nicht nur an den einzelnen Bestandtheilen (Stein und Mörtel) einer Wand nachzuweisen, sondern um sie auch an der fertigen Wand selbst zeigen zu können, liess ich auf einer luftdichten Unterlage (z. B. einer Platte von Gusseisen) durch einen Maurer ein Stück Wand aus Ziegelstein und Mörtel aufführen, welches 2 Fuss Höhe, 2 Fuss 6 Zoll Breite und 1 Fuss 2 Zoll Dicke (1 Stein Stärke) hatte. Die schmalen Flächen wurden mit Gyps überzogen, die beiden gegenüberstehenden grössern Flächen mit dem gewöhnlichen Bewurfe versehen, der wesentlich nichts Anderes, als gleichfalls Mörtel ist. Nachdem dieses Mauerstück in der Luft eines Zimmers mehrere Wochen lang gestanden hatte und ziemlich ausgetrocknet war, wurde es ganz ähnlich wie oben der einzelne Ziegelstein, auf den mit Gyps bekleideten Flächen mit der Mischung von Wachs, Oel und Harz luftdicht überzogen. Auf die beiden gegenüber stehenden, mit einem dünnen Mörtelüberzuge versehenen Flächen wurden mit einem Rohre von $1/3$ Zoll Durchmesser versehene Metallplatten gelegt, und dieselben durch Klemmschrauben beiderseitig angedrückt. Nun wurden die Ränder der Platten mit der Wachsmasse luftdicht auf die Mauer aufgekittet und mit den bereits gedichteten Flächen in der Art verstrichen, dass keine seitliche Entweichung der Luft möglich war, sondern dass jede Entweichung nur durch das Mauerstück erfolgen sollte. Die von den Platten bedeckte freie Fläche, auf welcher die Luft durch die Wand gehen konnte, betrug auf jeder Seite circa 3,5 Quadratfuss. Da ein solches Stück Wand ein Gewicht von mehreren Centnern hat, so thut man gut, es auf einer Stelle errichten zu lassen, wo es stehen bleiben kann und wo die Beobachtungen daran gemacht werden sollen.

Mit einem so vorgerichteten Mauerstücke lassen sich



nun verschiedene Beobachtungen ausführen. Verbindet man mit dem Rohre der einen Seite ein Kautschuk- oder Glasrohr, dessen Ende man einige Linien tief unter Wasser bringt, und bläst mit einem Blasbalg, einem Gasometer oder am einfachsten mit dem Munde Luft auf die Wandfläche, so geht so viel durch die Ziegelsteine und die Mörtelfugen hindurch nach der andern Seite, dass sie in dem gegenüber liegenden, im Verhältniss zur Wandfläche engen Rohre als lebhafter Strom erscheint, der mit lebhaftem Geräusch durch das Wasser braust. So überraschend dieser Versuch ist, und so bedeutend die Permeabilität der Backsteinwände für die Luft dadurch erscheint, so darf man sich von der Geschwindigkeit des Durchgangs der Luft durch Steine und Mörtel doch keine zu grosse Vorstellung machen. Der lebhafte Strom, den wir durch ein Rohr von etwa 12,5 Quadratlinien Queerschnitt austreten sehen, geht durch eine Wandfläche, welche 3,5 Quadratfuss Querschnitt hat. Dieser übertrifft den Queerschnitt des Rohres um das 2860fache. Da sich die Geschwindigkeit der Bewegung gleicher Luftmassen binnen gleicher Zeiten umgekehrt wie der Querschnitt der Leitungen verhält, so ist klar, dass die Geschwindigkeit der Luft im Rohre auf die ganze Wandfläche vertheilt, eine sehr geringe, für unsere Sinne nicht mehr wahrnehmbare seyn muss. Angenommen die Geschwindigkeit der Luft im Rohre von 12,5 Quadratlinien Querschnitt sey 3 Meter (= 10¼ Fuss bayer.) in der Secunde, was bereits ein lebhafter Wind ist, der ein Kerzenlicht ausbläst, so ist die Geschwindigkeit auf der ganzen Wandfläche von 3,5 Quadratfuss doch nur ein Unbedeutendes mehr als 1 Millimeter, oder nicht einmal eine halbe Linie in der Secunde. Da unsere Sinne aber für gewöhnlich eine Luftbewegung selbst von mehr als 1 Fuss in der Secunde, also eine um das 200fache raschere Bewegung bereits nicht mehr wahrnehmen, so vermögen wir natürlich auch die beständig durch die Wände fliessende Luft

mit unserm Gefühle nicht mehr wahrzunehmen.[1] — Nerven von krankhaft gesteigerter Reizbarkeit können übrigens selbst einen so geringen Strom empfinden, namentlich wenn die einfliessende Luft eine von der Zimmerluft verschiedene Temperatur besitzt, und häufig behaupten Kranke, deren Bett an einer Wand steht, die gegen das Freie sieht, dass sie den Zug von der Wand spüren. Ihre Klagen verstummen, wenn man passende Schirme zwischen das Bett und die Wand bringt.

Dieser Versuch gibt uns übrigens eine richtige Vorstellung von der grossen Menge Luft, die wir durch die Wände erhalten können. Nehmen wir eine Wand 6 Meter lang und 5 Meter hoch, und auf der ganzen Fläche nur eine Geschwindigkeit der Luft von ½ Millimeter in der Secunde, mithin eine so geringe Geschwindigkeit, dass wir sie weder mit unsrem Gefühle, noch mit irgend einem Instrumente wahrzunehmen im Stande sind, so beträgt die in 1 Stunde durch die Wand dringende Luft dennoch 54 Cubikmeter oder circa 2160 bayer. Cubikfuss.

An diesem isolirten Wandstücke, an dem vermöge der Vorrichtung die Luft durch die Wand geht, ohne dass sie seitlich entweichen kann, lässt sich auch mit Leichtigkeit zeigen, dass jeder Windstoss auf die Aussenseite einer Wand eine Bewegung auf der innern Seite derselben im Zimmer hervorruft. Lässt man auf der einen Seite ein Glasrohr unter Wasser tauchen, und drückt man auf der andern Seite mit der Hand auf das Metallblech, ohne sein Rohr zu verschliessen, so bewegt sich auf der andern Seite die Flüssigkeitssäule im Glasrohre.

Eines der frappantesten Experimente ist das Ausblasen eines Kerzenlichtes durch die Wand durch. Um auf der einen Seite der Wand bequem blasen und auf der andern das Licht vor die Oeffnung des Rohres halten zu können.

[1] Die deutliche Wahrnehmung der Bewegung der Luft durch das Gefühl erfolgt erst bei einer Geschwindigkeit derselben von 4 Fuss in der Sekunde.

befestigt man am Rohre derjenigen Fläche, auf die man blasen will, einen langen Kautschukschlauch, begibt sich dann mit demselben auf die andere Seite der Wand, und hält eine brennende Kerze vor die Oeffnung des Rohrs. Bläst man nun mit nur geringer Kraft in den Kautschukschlauch, so dringt die Luft durch den ganzen Mauerkörper durch und sammelt sich im Rohre, vor dessen Mündung das Licht brennt, zu einem nahezu eben so lebhaften Strome, als er auf der andern Seite der Mauer erregt wurde. Seine Stärke ist in der Regel hinreichend, um mit Leichtigkeit das Licht auszublasen.

Bei diesen Versuchen habe ich mich auch sehr zu überzeugen Gelegenheit gehabt, wie schwer es ist, grössere Flächen Mauerwerk so zu überziehen, dass sie luftdicht sind. Ich habe die Dichtigkeit des Verschlusses meines Mauerapparates mehrmals untersucht, indem ich die Mengen Luft gemessen habe, welche auf der einen Seite hineingetrieben wurden, und welche auf der andern wieder zum Vorscheine kamen. Wenn es mir gelungen wäre, jede seitliche Entweichung der Luft zu verhindern, so musste jenseits der Mauer so viel Luft aus dem Rohre austreten, als ich diesseits eintreten liess. Nachdem ich alle Fugen und Flächen auf das sorgfältigste mit der Wachsmasse in sichtbarer Dicke überstrichen und verklebt hatte, erlitt das Volumen der Luft doch die bedeutendsten Verluste während des Durchgangs durch den ganzen Apparat. Er betrug durchschnittlich 40 Procent, und oft viel mehr als die Hälfte. Die Messung geschah auf folgende Weise: Ein kleiner Gasbehälter, circa 1½ Cubikfuss haltend, mit einer im Wasser schwimmenden kupfernen Glocke (mithin ähnlich wie die grossen Gasbehälter in den Gasanstalten), wurde ganz aufgezogen, und dann mit einer genauen Gasuhr verbunden entleert. Man sah nun auf die einfachste Weise durch Ablesung des Gaszählers, wie viel Cubikfuss eine Entleerung des Gasometers betrug. Verband man nun den Gasbehälter mit der einen

Fläche der Wand, und den Gaszähler mit der andern gegenüber liegenden, so musste sich ergeben, wie viel Luft auf dem Wege durch den Mauerapparat verloren ging. Ich war erstaunt über die Grösse dieses Verlustes. Bis ich diesen Versuch ausgeführt hatte, war ich der Ansicht, dass ein Oelanstrich auf die Wand die freiwillige Ventilation durch die Wand aufheben müsse. Da es mir aber selbst durch das sorgfältigste Auftragen eines dicken Wachspflasters nicht gelang, einen luftdichten Verschluss herzustellen, so muss ich es als eine offene Frage betrachten, um wie viel die Permeabilität einer Wand für Luft durch einen Oelanstrich verringert wird.

Durch starkes Benetzen einer Wandfläche wurde, wenn auch nur vorübergehend, die Permeabilität für Luft sehr verringert.

Nach Mittheilung dieser Versuche fällt auch jede Unwahrscheinlichkeit der Resultate hinweg, welche aus den Beobachtungen der Abnahme der Kohlensäure in der Luft meines Arbeitszimmers unter verschiedenen Umständen gezogen worden sind. Es wird Niemanden mehr frappiren, dass das sorgfältigste Verkleben aller Spalten an Thüren und Fenstern (Versuchsreihe IV) den Luftwechsel nur so wenig verringert hat im Vergleiche zur Versuchsreihe II, wo Fenster und Thüren nur auf gewöhnliche Weise geschlossen und die übrigen Umstände nahezu die gleichen wie bei IV waren. Jedermann wird jetzt zugeben müssen, dass der unaufhörliche Strom der atmosphärischen Luft unsere Wohnräume nicht unberührt lässt, dass diese Strömung in ihnen nur verlangsamt und theilweise abgeändert, aber nicht im mindesten aufgehoben wird. — Unsere Wohnungen verhalten sich in dieser Beziehung genau so, wie unsere Kleider, deren Bestimmung gleichfalls nicht darin liegt, die Luft von unserem Körper abzuhalten, sondern ihren Zutritt nur zu mässigen, und ihr auf diesem Wege von der Wärme und

Feuchtigkeit mitzutheilen, welche sie von unserem Körper aufgenommen und aufgespeichert haben, und welche ohne sie nutzlos in die Atmosphäre entweichen würden. Man hat über das Warmhalten unserer Kleidungsstücke fast durchweg irrige Vorstellungen, indem man glaubt, es könnten in den Maschen der Gewebe ruhende Luftschichten bestehen. Ich werde bei einer andern Gelegenheit durch Versuche darthun, dass eine solche Meinung ganz grundlos ist, und dass die Fähigkeit unserer Kleidungsstoffe, warm zu halten, nicht im mindesten mit dem Widerstande, den sie dem Durchgang der Luft entgegensetzen, proportional geht, sondern dass sehr häufig gerade das umgekehrte Verhältniss stattfindet.

Ich bin weit entfernt, das Verhalten der Baumaterialien zur Luft durch meine Versuche bereits für erledigt zu halten — ich betrachte sie nur als einen Anfang zu einer gründlichen Lösung dieser wichtigen Frage. Ich habe mich vorläufig nur mit dem Verhalten der Ziegelwände beschäftigt, und kann nicht voraussagen, wie sich diese Verhältnisse in Häusern aus Bruchsteinen oder Sandstein gestalten werden. Durch meine Untersuchung aber über die Abnahme des Kohlensäuregehaltes in geschlossenen Zimmern innerhalb bestimmter Zeiträume glaube ich für diese Forschungen einen richtigen und bequemen Weg angebahnt zu haben.

Diese Versuche gestatten auch, endlich davon zu sprechen, um wie viel wir den Strom der freien Atmosphäre verlangsamen, wenn wir sie in einem Hause einschliessen. Es wird das in verschiedenen einzelnen Fällen verschieden seyn, und ich wähle bloss als Anhaltspunkt das Zimmer, in dem ich die Versuche über die Abnahme der Kohlensäure gemacht habe. Die gegen das Freie stehende Wand hat sammt dem Fenster circa 225 Quadratfuss. Nimmt man an, dass der beobachtete Luftwechsel wesentlich auf dieser Fläche vor sich gegangen, und frägt man sich, wie viel auf dieser Fläche in der freien Luft bei deren mittlerer Geschwindigkeit

von 10 Fuss in der Secunde strömen würde, so ergibt eine Vergleichung der verschiedenen Quantitäten, um wie viel wir den Luftstrom durch unsere Wohnungen hemmen oder mässigen. Wenn wir innerhalb der Wohnung, auf einer Fläche von 225 Quadratfuss, das Normalquantum für einen Menschen, 60 Cubikmeter in der Stunde, erhalten, so hätten sich im Freien in derselben Zeit und auf dem gleichen Querschnitt 202500 Cubikmeter Luft oder das 3335fache bewegt. Man kann somit sagen, dass wir in diesem Falle den Strom der freien Luft um mehr als das Dreitausendfache verlangsamt haben.

Vierte Frage. In welchen Fällen wird eine künstliche Ventilation nothwendig?

Die Erörterung dieser wichtigen Frage wird nach den bereits gewonnenen Anhaltspunkten nicht viel Zeit in Anspruch nehmen. Auf die im Vorhergehenden entwickelten Thatsachen und Schlüsse gestützt, kann man annehmen, dass in allen Fällen, wo trotz der natürlichen Ventilation der Kohlensäuregehalt der Luft des bewohnten Raumes in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen auf 1 pro mille steigt, die künstliche Ventilation an ihrem Platze sey. — Zur natürlichen Ventilation rechne ich nicht bloss den Luftwechsel, der zur kälteren Jahreszeit in geheizten Zimmern bei geschlossenen Fenstern und Thüren vor sich geht, sondern auch jenen, welcher zur wärmeren Jahreszeit in ungeheizten Zimmern und bei nach Bedürfniss geöffneten Fenstern Statt hat. — Wenn wir mithin als Grenze zwischen guter und schlechter Luft 1 pro mille Kohlensäure festhalten, so drängt sich uns die Befürchtung auf, dass wir in den Wohnungen, namentlich in den stark bevölkerten, sehr häufig schlechte Luft antreffen werden, und dass wir der künstlichen Ventilation eine kaum zu realisirende Ausdehnung zu geben hätten. Ich halte diese Befürchtungen in jeder Beziehung für sehr begründet, aber wenn wir auch

vorläufig noch vor der Lösung der ganzen Aufgabe in vielen einzelnen Fällen zurückschrecken, so darf uns das doch nicht hindern, die Wahrheit einzusehen und anzuerkennen, oder nach dem schwer zu erreichenden Ziele zu streben. Es ist vielleicht zulässig, die ganze Aufgabe in zwei Theile zu theilen: 1) in die Ventilation jener Räume, welche nur kurze Zeit (2 bis 3 Stunden des Tages) zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, und 2) in die Ventilation solcher Räume, welche längere Zeit zum Aufenthalte zu dienen haben.

In die erste Abtheilung fallen Kirchen, Schulhäuser, Gerichtssäle, Theater und sonstige auf kurze Zeit berechnete Versammlungslocale. Wir können annehmen, dass das Einathmen einer schlechteren Luft auf kurze Zeit unserem Organismus nicht in dem Grade schädlich seyn wird, als wenn es längere Zeit hindurch geschieht. — Wir können uns somit für kürzere Zeit gefallen lassen, was wir für längere Zeit nicht zugestehen dürften. — Es handelt sich aber auch hier um gewisse Grenzen, deren Ueberschreitung, obschon von kurzer Dauer, doch für unsere Gesundheit nicht gleichgiltig seyn wird. In dieser Beziehung sind unsere Erfahrungen noch so unbestimmt und wenig zahlreich, dass ich vorläufig Anstand nehme, irgend bestimmte Zahlen aufzustellen. Ich wage z. B. keine Angabe darüber, wie viel per mille Kohlensäure wir in unsern Schulzimmern gestatten sollen, ob das 2, 3, 4 oder 5fache von sonstiger guter Zimmerluft; ich behandle diese Frage vorläufig noch als eine offene. Aber anderseits fühle ich mich in meinem Gewissen gedrungen, darauf aufmerksam zu machen, dass ein mehrstündiger Aufenthalt in einer schlechten Zimmerluft dem menschlichen Organismus in demselben Grade nachtheilig seyn muss, als ihm ein Aufenthalt unter sonst gleichen Umständen in guter reiner Luft zuträglich ist. Ich bin auf das lebendigste überzeugt, dass wir die Gesundheit unserer

Jugend wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Theil des Tages verbringt, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, dass ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 pro mille anwachsen könnte. Alle Väter und Mütter wissen, dass die Gesundheit ihrer Kinder durchschnittlich häufige Störungen zu erleiden beginnt, sobald sie anfangen, die öffentlichen Schulen zu besuchen. Wenn sie sich in den Ferien wieder erholt und wieder ein blühendes Aussehen gewonnen haben, so bleichen sie bald wieder ab und kränkeln häufiger, wenn die Schule wieder beginnt. Das ist ohne Widerrede eine im Allgemeinen begründete Thatsache, und wenn an ihr auch noch andere Ursachen Theil haben, so ist bei sorgfältiger Abwägung aller Einflüsse der Einfluss der Luft der Schulzimmer ein sehr vorwiegender, welche bei ihrer schlechten Beschaffenheit einem in der lebhaftesten Entwickelung begriffenen Organismus viel schädlicher seyn muss, als einem bereits völlig ausgebildeten. Es ist eine den Physiologen bekannte Thatsache, dass ein Knabe von 50 Pfund Körpergewicht in einer Stunde so viel Kohlensäure producirt, als ein Erwachsener von 100 Pfund Körpergewicht. Um was der Umsatz in einem wachsenden Organismus rascher und lebendiger ist, um das müssen auch die Bedingungen desselben reichhaltiger vorhanden seyn und Schüler und Lehrer müssen desshalb von ein und derselben Luft ungleich afficirt werden. Aber auch die Lehrer leiden nachweisbar unter der Schulluft, denn es kommen unter denselben sehr zahlreiche Erkrankungen und selbst Todesfälle vor, nachdem sie aus den Seminarien in die Praxis getreten sind. In den ersten Jahren ihrer Berufsthätigkeit muss ihr Körper die Probe bestehen, ob er den Anforderungen des Dienstes, worunter auch die schlechte Schulluft gehört, gewachsen ist oder nicht. Das Nämliche zeigt sich bei Gefangenen, nur in einem noch höheren Grade. Nach Füesslin sterben im Männerzucht-

hause zu Bruchsal in Baden von 100 Gefangenen im ersten Jahre der Haft 4,25 Procent, während von 100 Gefangenen im zweiten Jahre nur mehr 1,65, vom zweiten bis fünften Jahre nur mehr 1,64 und vom fünften bis achten Jahre gar nur mehr 0,62 Procent sterben. (Füesslin, die Einzelhaft, Heidelberg bei Mohr. 1855. S. 249.) Genauere Untersuchungen, deren Durchführung mir vielleicht mit Hilfe unserer einsichtsvollen Behörden gelingt, werden ohne Zweifel die Wahrheit meiner Annahme auch im Einzelnen darthun und bekräftigen.

Mit bestimmteren Forderungen wird man auftreten müssen, wenn es sich um die Luftbeschaffenheit in Räumen handelt, die zu einem längeren Aufenthalte, zum Wohnen und Schlafen für Menschen bestimmt sind. Es kommt hier die Ventilation aller Wohn- und Schlafzimmer, der Arbeitszimmer, Krankenhäuser, Kasernen, Gefängnisse u. s. w. in Betracht. Wie schädlich für einen längeren Aufenthalt die schlechte Luft eines Raumes wirkt, das lehrt uns auf das Deutlichste die Verschiedenheit des Gesundheitszustandes in Wohnungen, Krankenhäusern, Kasernen und Gefängnissen, je nachdem dieselben übervölkert sind oder nicht. Die nämliche Wohnung, in welcher 10 Menschen sehr gesund wohnen, kann zum Krankheitsheerde werden, wenn in den nämlichen Räumen 20 und 30 leben müssen. Es geht bereits als Ueberzeugung durch die Welt, dass Verminderung der Anzahl der Einwohner eines Hauses oder einer Anstalt äquivalent einer Raumvermehrung oder einer Lüftung ist. Kasernen und Gefängnisse liefern die sprechendsten Beweise, wie gefährlich es ist, gewisse Grade der Luftverderbniss zu überschreiten. Man weiss, dass eine und dieselbe Kaserne für eine geringe Anzahl von Soldaten ein gesunder Aufenthaltsort ist, während bei anhaltender Ueberfüllung ein Heer von Krankheiten droht. Das Nämliche weiss man von Krankenhäusern, Spitälern und Gefängnissen. — In Bruchsal sind zwei Gefängnisse, das eine für leichtere Verbrecher mit

gemeinsamer Haft, das andere für Zuchthaussträflinge mit Einzelhaft. Füesslin (die Einzelhaft, Heidelberg 1855. S. 412) weist nach, dass trotzdem, dass die erstere Anstalt bei stets viel kürzerer Haftzeit eines grossen Theils der Gefangenen günstigere Resultate erzielen sollte, gerade diese Anstalt jährlich eine nochmal so grosse Sterblichkeit ausweist, als das Zellengefängniss. Die deprimirenden Einflüsse des Gefängnisslebens sind bei der Einzelhaft viel tiefgehender, als bei gemeinschaftlicher Haft, so dass selbst vor dem Gesetze ein Jahr in jener für drei Jahre in dieser gilt. Die Zellensträflinge haben keinen Vorzug in Kleidung, Nahrung oder in Bewegung im Freien vor denen in gemeinschaftlicher Haft, aber sie haben das ganze Jahr hindurch mehr Luft.

Ich glaube nicht, dass schlechte Luft in den Wohnungen direct krank mache, oder besser ausgedrückt, sogleich specifische Krankheiten erzeuge, wie z. B. die Gifte; ich glaube mithin nicht, dass schlechte Luft geradezu ein Gift sey, sondern ich behaupte nur das, was von keiner einzigen Thatsache widersprochen und von allen unterstützt wird, nämlich dass schlechte Zimmerluft die Widerstandsfähigkeit gegen jede Art von krankmachenden Agentien herabstimme und schwäche. Alle Einwürfe, welche man gegen die Bedeutung und die Wichtigkeit einer beständig reinen Luft machen und erdenken will, lassen sich von diesem Gesichtspunkte aus bescheiden. Nehmen wir als Beispiel zwei verschiedene Gefängnisse, in denen beiden die Ueberfüllung und Luftverderbniss gleich gross ist; das eine kann eine durchschnittliche jährliche Mortalität von 10 Procent haben, während das andere nur 3 Procent bei ganz gleicher Verpflegung und Beschäftigung hat. Solche Beispiele existiren wirklich. Nehmen wir an, jedes Gefängniss berge 1000 Gefangene, so sterben in dem einen jährlich hundert, in dem andern nur dreissig. Solche Thatsachen könnten, einseitig aufgefasst, dazu benützt werden, um die Gleichgiltigkeit der Luftbeschaffenheit daraus

zu folgern. Sie beweisen aber höchstens, dass schlechte Luft nicht geradezu für sich ein Gift ist, und um den Einfluss derselben auf den Gesundheitszustand bei sonst gleich bleibenden Umständen richtig zu bemessen, muss man in dem Gefängnisse mit 10 Procent Sterblichkeit alle Einflüsse des Untergrundes, der örtlichen Lage und Bauart, der Verpflegung und Beschäftigung belassen und nur die Luft verbessern. Diess geschieht durch eine bedeutende Verminderung der Zahl der Gefangenen. Man hat Beispiele, dass solche Anstalten, welche bei Anwesenheit von 1000 Gefangenen jährlich 100 durch den Tod verloren, bei Gegenwart von 500 nur 25 verloren haben, was somit ein Sinken der Sterblichkeit von 10 auf 5 Procent in Folge der Entleerung erkennen lässt. Man sieht, es sind an einigen Oertlichkeiten Schädlichkeiten, Krankheitsursachen vorhanden, welche an andern Oertlichkeiten fehlen. Sind sie aber vorhanden, so wird ihre Wirkung auf den Organismus durch schlechte Luft in einem sehr auffallenden Grade gesteigert. Dieser Satz wird durch die Erfahrungen bei allen Epidemien gestützt, wenn man das Auftreten derselben unter sonst gleichen Verhältnissen in überfüllten Häusern, Pfründneranstalten, Kasernen u. s. w. mit dem Verlaufe in schwach bewohnten Häusern und Anstalten vergleicht. Wenn sich an einem Orte kein Typhus-, kein Choleragift, kein Sumpfgift bildet, so braucht der Organismus auch keinen Widerstand gegen dieselben zu bethätigen, und wird es dann gleichgiltig seyn, ob dessen Widerstandsfähigkeit etwas grösser oder kleiner ist. Da wir aber vor dem Eindringen und der Entwickelung von Krankheitsursachen keinen Augenblick sicher sind, so dürfen wir niemals und nirgends die Widerstandsfähigkeit des Organismus vernachlässigen. Da dieselbe wesentlich mit der Luftbeschaffenheit zusammenhängt, so haben wir ein Recht zu verlangen, dass dieselbe in allen Schlaf- und Wohnräumen stets gut und rein erhalten werde.

Einen fernern Grund, auf reine Luft in den Wohnungen strenge zu halten, haben wir in der Erfahrung, dass schlechte Luft die Quelle vieler chronischer Leiden ist, und dass sie sicherlich einen grossen Antheil an den Volksübeln: Scrofeln, Tuberkeln etc. hat. Wo also die natürliche Ventilation nicht ausreicht, die Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Luft in unsern Wohn- und Schlafräumen über 1 pro mille zu verhindern, dort hat künstliche Ventilation einzutreten.

Ich weiss allerdings, dass ich viel verlange, viel mehr, als man für alle Fälle vorläufig wird leisten wollen und können; — aber ich kann nicht umhin, dem, was ich für eine wichtige Wahrheit halte, seinen vollen und ungeschminkten Ausdruck zu geben.

Welche Mittel wir anwenden sollen, wenn das Bedürfniss einer künstlichen Ventilation eintritt, das wird sich im Verlaufe der Zeit ergeben. Nachdem man jetzt einen leicht zu handhabenden Maassstab für den Grad der Luftverderbniss durch Respiration und Perspiration hat, so wird man auch bald die geeignetsten Ventilations-Apparate finden, sobald die Ueberzeugung von der Nothwendigkeit einer bestimmten Ventilation einmal allgemein geworden seyn wird.

Fünfte Frage. Welche sind bis jetzt die gebräuchlichsten Methoden der künstlichen Ventilation, und welche verdient den Vorzug?

Alles Material zur Beantwortung dieser Fragen liegt in den vorausgehenden Berichten und Erörterungen, und es wäre überflüssig, hierüber noch viele Worte zu verlieren, wenn ich die Gelegenheit nicht nebenbei dazu benützen wollte, mich über einige irrige Vorstellungen und Anschauungen zu verbreiten, welche bei der Anlage von Ventilations-Apparaten, von Luftzügen und Feuerungen vielfache Fehler veranlasst und durch ihren Misserfolg Viele entmuthigt haben.

Vor Allem müssen wir mit der Vorstellung brechen,

als seyen unsere Wohnungen, sobald wir Thüren und Fenster geschlossen haben, wirklich als Räume zu betrachten, welche die in ihnen enthaltene Luft wesentlich ausser Verbindung mit der freien Atmosphäre setzten, so dass diese nur durch Oeffnungen, die wir eigens für diese Verbindung herstellen, communiciren könnte. Die zufälligen Oeffnungen in unsern Wohnungen sind viel zahlreicher und die freiwillige Ventilation dadurch viel grösser, als man bisher vermuthet hat. — Am auffallendsten und bestimmtesten zeigt sich dieses allerdings in den Versuchen, durch welche der Luftwechsel in einem Zimmer ohne jede Ventilationsvorrichtung, ja selbst bei verklebten Fenstern und Thüren gemessen wurde. — Aber auch in jenen Räumen, in welchen eigene Oeffnungen für die zuströmende und abströmende Luft angebracht sind, tritt die Einwirkung der zufälligen Oeffnungen in höchst auffallender Weise zu Tage, ja es zeigt sich, dass auf den zufälligen Wegen viel mehr Luft sich bewegt, als auf den vorgeschriebenen. Grassi findet (Étude comparative des deux systèmes de chauffage et de ventilation établis à l'hôpital Lariboisière, pag. 39), dass in dem Saale der heil. Eugenie 20,7 Cubikmeter frische Luft per Stunde und Kranken auf den für sie bestimmten Wegen ein-, hingegen 95,1 Cubikmeter Luft durch die Abzugsöffnungen austraten. Es mussten sich mithin durch die zufälligen Oeffnungen 74,4 Cubikmeter beigemischt haben, somit mehr als das Dreifache jener Menge, welche auf dem vorgeschriebenen Wege eintrat.

Im Saale der heiligen Anna stellte sich die Differenz noch viel auffallender heraus, wo sich ergab, dass per Stunde und Kranken durch die Oeffnungen für frische Luft 4,1 Cubikmeter ein-, und durch die Abzüge 59,3 Cubikmeter ausströmten, so dass die Ventilation durch die zufälligen Oeffnungen 55,2 Cubikmeter oder nahezu das Vierzehnfache jener Menge betrug, welche auf dem eigens dafür gemachten Wege

vor sich ging. Das ist das Ergebniss der Ventilation durch Zug (System Leblanc-Duvoir). — Ein ähnliches Resultat, wenn auch nicht in dem gleichen Maasse, zeigte sich bei der mechanischen Ventilation (System Thomas-Laurens-Grouvelle) in der Weise, dass ein sehr grosser Theil der von der Maschine in die Säle eingetriebenen Luft nicht mehr durch die sogenannten Evacuationskanäle entwich, sondern auf andern zufälligen Wegen. — Wie illusorisch sich Einrichtungen erweisen können, die auf der Voraussetzung des dichten Schlusses unserer Wohnungen beruhen, das beweist die Thatsache, welche ich oben in meinem Berichte über die Ventilation des Spitals Lariboisière in Paris angeführt habe, wo es sich im Saale des heiligen Augustin erwies, dass der mechanische Ventilator hinlänglich Luft eintrieb, zugleich aber bei geschlossenen Fenstern und Thüren in den Evacuationskanälen die Luft nicht vom Saale nach dem Speicher ins Freie entwich, sondern geradezu umgekehrt nach dem Saale sich bewegte, so dass derselbe bei geschlossenen Fenstern und Thüren nicht nur durch den mechanischen Ventilator, sondern auch durch die Evacuationskanäle Luft empfing. — Grassi, welcher bei dieser Beobachtung selbst zugegen war, musste mir beistimmen, dass die Bewegung der Luft in einem Gebäude ein sehr complicirtes Phänomen sey.

Von der Porosität unseres Mauerwerkes gibt es ausser den bereits angeführten noch einige andere Beweise. — Der schlagendste ist wohl das Ansehen mancher Weissdecken in Zimmern, in denen durch Oefen oder Lampen etwas Russ erzeugt wird. Wenn solche Zimmerdecken lange nicht geweisst oder geputzt werden, so zeichnet sich jeder Balken, jede Latte des darüber befindlichen Bodens ab, in der Art, dass wo Latten und Balken liegen, die Decke weisser erscheint, als an den Stellen, welche den Zwischenräumen entsprechen. Die Latten und Balken sind ein theilweises

Hinderniss für den Luftwechsel, welcher in den Zwischenräumen natürlich viel ungehinderter vor sich gehen kann, und in diesem Maasse hier auch mehr Russ absetzen muss, als dort wo Balken und Latten liegen.

Professor Knapp, gegenwärtig Vorstand der Porzellan-Fabrik in Nymphenburg, hat mir eine hier einschlägige Beobachtung an dem Porzellanofen mitgetheilt, wo an einer dünnen Stelle des Ofens, an der Einsetzthüre, so viel Luft durch die Wand in den Ofen drang, dass Flamme und Rauch eines Bündels Holzspäne vollständig und lebhaft durch die Poren an dieser Stelle eingezogen wurden.

Bei der Anlage von Heizungen spielt die Porosität des Mauerwerks sicher eine sehr grosse Rolle. Man kennt die oft unerwarteten Misserfolge bei Anlage von geschleiften oder horizontalen Kaminen, die man oft mit senkrechten in Verbindung setzt. Einem senkrechten Kamin, in welchen mehrere horizontale Feuerleitungen münden, müssen wir eine für seine Leistung unverhältnissmässige Höhe geben, um den nothwendigen Zug hervorzubringen. Könnten wir alle Feuerkanäle und den senkrechten Kamin aus einem luftdichten Materiale mit luftdichter Verbindung herstellen, so könnten wir entweder an der Höhe bedeutend ersparen, oder an Zugkraft gewinnen. Man hat schon oft die Erfahrung gemacht, dass horizontale Feuerzüge bei gleicher Länge und sonst gleichen Umständen in einem Falle sich tauglich, in einem andern sich untauglich erwiesen haben, ohne dass man sich die Gründe angeben konnte. Solche Fälle wären nach meiner Ansicht nun darauf zu untersuchen, ob die Differenz in der Wirkung sich nicht aus der grössern oder geringern Porosität des Materials erklären liesse.

Das praktische Resultat, welches sich aus der thatsächlichen Porosität unserer Wohnräume für die künstliche Ventilation ergibt, ist nach meiner Ansicht, dass wir von dem bisher gültigen Satze Umgang nehmen können, dass die

Oeffnungen für Zuströmung frischer Luft und für das Abführen gebrauchter Luft in gleichem Verhältnisse zu stehen haben; ja ich gehe so weit, dass ich keinen Anstand nehme, auszusprechen, dass der eine Theil ganz ohne den andern bestehen könne. Wenn wir z. B. dafür Sorge tragen, dass in einen Saal die nothwendige Menge frischer Luft durch mechanische Kraft eingetrieben wird, so können wir jede Vorrichtung für die Abführung der gebrauchten Luft — mithin alle Evacuationskanäle — ersparen. Sollte sich bei zu grosser Dichtigkeit des Baues eine eigene Oeffnung für den Austritt der Luft als nothwendig erweisen, so genügt jede Oeffnung die ins Freie mündet, ohne dass es nothwendig wäre, die gebrauchte Luft auf complicirten und kostspieligen Wegen im Hause spazieren und zuletzt aus allen Sälen vereinigt zum Dache hinaus zu führen.

Ich mache mir nicht die mindeste Illusion über den Eindruck, welchen meine Ansichten über die zufälligen Oeffnungen bei den Praktikern hervorbringen werden. Jeder wird bei seinem einmal angenommenen Systeme bleiben, welches verlangt, dass überall, wo ein Kanal für den Eintritt frischer Luft gemacht wird, auch ein mindest ebenso grosser oder mehrere für den Austritt der gebrauchten Luft angelegt werden. — Ich weiss aber auch mit voller Gewissheit, dass Jeder, welcher zuerst eine gute mechanische Ventilation ohne solche Entleerungskanäle ausführen, auch vollständigen Erfolg erzielen wird. Solche Ausgleichungen zwischen Theorie und Praxis überlässt man am besten der Zeit. —

Ein anderer wichtiger Punkt für die Anlage von künstlichen Ventilationen ist die Unterscheidung zwischen frischer und verdorbener Luft. — Die Meisten, mit denen ich hierüber gesprochen, haben es für einen Punkt der Ueberlegung gehalten, an welchen Stellen die schlechte Luft zu fassen und abzuführen sey, ob unten am Fussboden oder oben an der Decke, ob in den Ecken, oder längs den Wänden.

Vor Allem muss man den Gedanken fest halten, dass die Bewegung der Luft in bewohnten Räumen so rasch und allseitig vor sich geht, dass die Mischung ein paar Fuss von der Decke und dem Fussboden stets nahezu gleich seyn wird, wie es auch die im Berichte über die Ventilation des neuen Gebärhauses in München ausgeführten Bestimmungen direkt beweisen. Es wird somit die Luft im ganzen Saale entweder gut oder nicht gut seyn. Sodann muss die Zufuhr frischer Luft so bedeutend seyn, dass zu keiner Zeit und an keiner Stelle die Luft schlecht werden kann. Die Verunreinigung der Luft eines Wohnraumes durch Respiration und Perspiration ist unvermeidlich, denn wir können die gasförmigen Ausscheidungen von Haut und Lungen nicht durch die Luft eines Zimmers wegführen, ohne sie mit derselben zu vermischen. Es bleibt uns somit nichts übrig, als beständig so viel frische Luft zuzuführen, dass die beständige Verunreinigung derselben durch Haut und Lungen einen bestimmten Grad nicht überschreite. Das ist der grosse Unterschied zwischen dem Athmen im Freien und im Zimmer, dass im ersteren Falle die ausgeathmete Luft in jedem Augenblicke durch die allgemeine Luftströmung aus dem Bereich unsers Körpers geführt wird, ohne je wieder, selbst in der grössten Verdünnung, in dasselbe zurückzukommen, während in jedem Zimmer die ausgeathmete Luft theilweise wieder eingeathmet werden muss, wenn auch in beträchtlicher Verdünnung. Wenn wir desshalb Luft aus einem hinlänglich ventilirten Saale abführen, so wird das immer die gute Luft des Saales seyn, sie kann und darf nicht schlechter seyn, als die Luft im Saale überhaupt. Bei guter Luft wird es endlich sehr gleichgiltig seyn, auf welchen Wegen wir sie ins Freie führen, ob durch Fensterritzen, Thürspalten und Poren der Wände, oder durch ein Labyrinth eigens dazu bestimmter Kanäle, welche im besten Falle doch nur den geringern Theil der in den Sälen wechselnden Luft aufnehmen. Ja ich

halte die gewöhnliche Anlage von Evacuationskanälen, die nicht mit einer ununterbrochenen Heizung in Verbindung stehen, geradezu für schädlich und irrationell, wenn mehrere derselben zusammenmünden; denn da treten Fälle ein, in denen sich die Bewegung in denselben umkehrt, so dass sich die Luft des einen Saales in den eines andern entleeren kann, wie die zahlreichen Beispiele im allgemeinen Krankenhause zu München, und auch der Fall im Saale des Heiligen Augustin im Spital Lariboisière zu Paris sattsam beweisen. — Kanäle, in denen eine Luft strömt, welche möglicher Weise schädliche oder durch Zersetzung schädlich werdende Stoffe ablagern könnte, sind bei Umdrehungen der Strömung doppelt gefährlich, weil sie bei verkehrtem Zug längst abgelagerte Theile davon wieder in die Säle führen können. Bei Fenstern, Thüren und Wänden hingegen ist das weniger zu besorgen, weil dieselben jeder Reinigung leicht zugänglich sind.

Eine weitere Vorstellung, welche bei der Anlage von Ventilationen wenigstens bisher eine grosse Rolle gespielt hat, ist die vom Zuge unserer Essen oder Kamine.

Ich muss den Leser im Voraus um Entschuldigung bitten, wenn ich einen so allgemein bekannten Gegenstand aus den Anfangsgründen der Physik hier zur Sprache bringe, ohne weder in wissenschaftlicher noch in praktischer Beziehung einen einzigen neuen Satz aufstellen zu können. Ich habe sehr häufig die Erfahrung machen müssen, dass im praktischen Leben in Beziehung auf die Luft viel zu wenig scharf unterschieden wird, welche Bewegungen oder Strömungen durch statischen Druck, und welche durch Saugen entstehen. In letzter Instanz ist es allerdings immer der allseitige Druck der Atmosphäre, welcher die Strömungen sowohl in Folge gestörten Gleichgewichts der Luftmassen, als auch in Folge der Entstehung eines luftleeren Raumes beim Saugen vermittelt, für die praktische Vorstellung aber

ist es nicht gleichgiltig, die beiden Ursachen zu verwechseln. Ein Kamin ist kein Gebläse, kein Blasbalg. Der allgemein giltige Ausdruck, dass die Kamine die Luft ansaugen, dass sie wie Aspiratoren wirken, spricht es in unzweideutigen Worten aus, wie weit die populäre Vorstellung über den Zug noch von dem richtigen Gefühle für die aërostatischen Gesetze entfernt ist. — Die Physiker wissen recht gut und haben die bestimmtesten Nachweise geliefert, dass der Zug in den Essen seinen ersten Anstoss der Bewegung nicht von der in ihnen befindlichen wärmeren Luftsäule etwa dadurch erhalte, dass diese ein Bestreben habe, in der darüber stehenden kälteren Luftschichte aufzusteigen, wie sichs gewöhnlich die Laien, zu denen auch unsere meisten Pyrotechniker gehören, vorstellen. Hiemit verknüpfen sie noch häufig die Vorstellung, als entstände durch dieses primäre Aufsteigen der wärmeren Luft aus der Esse eine Art leerer Raum (vacuum), welcher die Luft durch die untere Oeffnung des Kamines wie ein Blasbalg einsauge. Diese Vorstellung ist geradezu verkehrt. — Die Physiker haben bewiesen, dass die wärmere und leichtere Luft ebenso sehr der Gravitation, dem Zug der Schwere nach dem Mittelpunkt der Erde folgt, als die kältere und schwerere, dass mithin von einem Bestreben der leichteren Luft in einer schweren aufzusteigen keine Rede seyn könne; sie haben aber auch gezeigt, dass eine Säule leichterer Luft einer Säule schwererer nicht das Gleichgewicht zu halten vermöge, und dass die leichtere von der schwerern in die Höhe gedrückt werde, aus den nämlichen Ursachen, wesshalb Oel im Wasser aufsteigt. Das Primäre beim Zug der Kamine ist desshalb die grössere Schwere, die grössere Druckkraft der freien Luft gegenüber der Schwere und der Druckkraft der Luft in den Kaminen. Diese ist nicht durch Erzeugung eines Vacuums activ saugend, sondern lediglich passiv ausweichend, die Kraft bei dieser Bewegung stammt lediglich vom Ueberdruck der

kälteren Luft, und sie ist desshalb das Bewegende und es fehlt dabei jede Vorrichtung, die nur entfernt dahin zielen könnte, durch Saugen ein Vacuum herzustellen. Wäre der Kamin einem Vacuum vergleichbar, so müsste er die Luft gleichzeitig unten und oben, durch alle Oeffnungen einsaugen. Die Thätigkeit des Kamins ist lediglich die Folge des ungleichen specifischen Gewichtes zweier ungehindert mit einander communicirender Luftsäulen. Je wärmer und leichter wir die Luft im Kamine machen, desto mehr wächst das Uebergewicht der Druckkraft der kalten Luft, desto lebhafter wird die Bewegung. Auf den Wegen aber, auf denen bei unseren Feuerungen die kältere Luft die wärmere vor sich her treibt, wird sie vom Brennstoff selbst wieder erhitzt und leichter gemacht, so dass die nämliche Luft, welche eine andere fortgedrückt hat, nun wieder von der nachfolgenden gedrückt wird. So einfach diese Verhältnisse sind, so sehr sie wissenschaftlich längst begründet und anerkannt sind, so zäh gehen nach meiner Erfahrung Laien und Praktiker darauf ein, dieselben zu einer streng logischen Vorstellung zu gestalten, und so leicht verfallen sie wieder auf solche Vorstellungen, in denen das active Bestreben einer wärmern Luft, in einer kältern Luft aufzusteigen, und kältere Luft nachzusaugen, in denen der luftleere Raum und in Folge davon ein activer Zug wieder die Hauptrolle spielt. Ich habe bei solchen Erörterungen öfter ein Gleichniss, ein Bild gebraucht, was schon Manchem eingeleuchtet hat, wesshalb ich es bei dieser Gelegenheit mittheilen will. Man denke sich statt Luft tropfbare Flüssigkeiten. Die Luft in den Kaminen sey Oel und die umgebende kältere Luft sey Wasser. Man denke sich ein grösseres Glasgefäss mit Wasser gefüllt. In dieses stelle man eine unten und oben offene nicht zu weite Glasröhre, welche mit Oel gefüllt und mit zwei Korken verschlossen ist, den Kamin mit seinem Inhalt an wärmerer Luft vorstellend, so hinein, dass das Wasser noch wesentlich

höher steht, als das obere Ende der mit Oel gefüllten Glasröhre. Zieht man nun die Pfropfen, zuerst den unteren, dann den oberen aus und lässt den Druck des Wassers auf die Oelsäule wirken, so wird das Oel in dem Rohre empor und herausgedrückt werden, das Rohr (der Kamin) wird sich mit Wasser füllen. Denke man sich nun, dass das Rohr die wunderbare Eigenschaft besässe, das Wasser, welches eingedrungen, wieder in Oel zu verwandeln, ebenso wie die kalte Luft, welche in den Kamin dringt, wärmer und leichter wird, so wird die oben vor sich gegangene Bewegung so lange fortdauern, bis alles Wasser in Oel verwandelt ist, ebenso, wie der Zug der Kamine fortdauert, so lange die äussere Luft kälter, als die Luft im Kamine ist. Um eine vollständige Analogie zu erzielen, kann man sich vorstellen, dass das Oel, nachdem es die Röhre verlassen hat, wieder zu Wasser wird, wonach die Bewegung so lange fortdauern würde, als die Röhre ihre wunderbare Eigenschaft behielte, eine schwerere Flüssigkeit in eine leichtere zu verwandeln.

Der Druck der Atmosphäre ist allseitig. Wenn also das Gleichgewicht durch die Gegenwart kälterer und wärmerer, oder schwerer und leichterer Luftsäulen zerstört ist, so wird der Ueberdruck der ersteren auf die letzteren an allen Punkten wirksam seyn, wo sich dieselben berühren. Ein poröser Kamin wird desshalb an seiner Basis einen schwächeren Luftstrom zeigen, als ein luftdichter, weil ein Theil der Ausgleichung zwischen dem Druckvermögen der kälteren und wärmeren Luftsäule auf seiner ganzen Länge und nicht lediglich durch den Rost oder Feuerraum vor sich geht.

Wie sehr man dazu berechtigt ist, auf eine klarere Gestaltung der Vorstellungen über den Zug der Kamine und überhaupt über die Bewegung der Luft in Gebäuden zu dringen, geht deutlich daraus hervor, mit welchen Gründen die Praktiker gewöhnlich die Erscheinung zu erklären suchen, wesshalb manche Kamine nicht mehr ziehen, wenn von oben

die Sonne hineinscheint. Alle Physiker sind darüber einig, dass das Phänomen vorläufig nicht erklärt sey, selbst Peclet gesteht das zu, der in diesen Dingen als eine vollberechtigte Autorität angesehen werden muss. Aber die meisten Praktiker glauben eine streng physikalische Erklärung dafür zu haben. Sie sagen, eine wärmere Luftschichte hat das Bestreben in einer kälteren aufzusteigen; wenn aber über der warmen Rauchsäule eine noch wärmere Schichte liegt, so verliert jene natürlich dieses Bestreben und steigt nicht mehr auf. Scheint die Sonne in den Kamin, so wird die oberste Luftschichte in demselben mehr erwärmt werden, als die unmittelbar darunter liegende; dadurch tritt Stillstand im Zuge ein und es raucht im Hause. So unbegründet und physikalisch absurd eine solche Erklärung auch ist, so häufig begegnet man ihr. Um ihre Unrichtigkeit anschaulich zu machen, beziehe ich mich auf den obigen Vergleich mit dem Aufsteigen von Oel in Wasser. Denke man sich das im Wasser stehende Rohr in der Art mit Oel gefüllt, dass es unten ein Oel von etwas höherem, oben eines von geringerem specifischen Gewichte enthalte, — wird wohl dann die untere Oelschicht stillstehen und nicht mehr aufsteigen, weil jetzt über der leichteren Flüssigkeit eine noch leichtere steht? Im Gegentheil wird die ganze Oelsäule sich um so rascher erheben, je mehr leichteres Oel in der Röhre über dem schwereren ist, denn um so grösser wird das Mehrgewicht oder der Ueberdruck einer gleich hohen Wassersäule betragen, der in diesem Falle allein maassgebend ist. Ich werde bei einer andern Gelegenheit noch näher auf diesen Gegenstand zu sprechen kommen, und erwähne einstweilen nur, dass ich eine experimentelle Begründung der Frage vorhabe. Nach meiner Ansicht und Erfahrung hat die Sonne diese Wirkung nur auf Rauchsäulen von gewisser Beschaffenheit und Geschwindigkeit, und spielt dabei das bereits im Kamine zu sichtbaren Nebeln condensirte Wasser, welches bei der

Verbrennung von Holz, Torf oder Steinkohlen in reichlichem Maasse entwickelt wird, eine Hauptrolle. Bekanntlich beobachtet man die Erscheinung am häufigsten in Küchen, wo das Feuer offen auf dem Herde brennt, über welchem sich eine Feuerkutte befindet, die in den Kamin übergeht. Häufiger tritt es ein, wenn zur fraglichen Zeit ein Feuer eben frisch angezündet wird, als wenn dasselbe schon einige Stunden gebrannt hat, obwohl auch das nicht in allen Fällen davor schützt, dass der Zug in solchen Kaminen still steht oder selbst verkehrt wird, sobald die Sonnenstrahlen bis zu einer gewissen Tiefe hineinscheinen. — Wenn man nur Holzkohlen oder Coaks brennt, welche bei der Verbrennung kein Wasser liefern, tritt nach meiner Erfahrung unter sonst gleichen Umständen die Erscheinung nicht ein.

Geht man nun zur genaueren Betrachtung der Frage über, welche Kraft man verwenden soll, wenn es sich um eine künstliche Ventilation handelt, so kann man drei Motoren namhaft machen, welche bisher zur Anwendung gekommen sind: 1) die Bewegung der freien Atmosphäre für sich, und deren Temperaturdifferenz mit der Luft der Wohnräume, 2) Zugkamine, 3) mechanische Kraft, welche eine Maschine bewegt, um einen Luftstrom in das Gebäude hinein oder hinauszutreiben.

Was den ersten Motor anlangt, so brauche ich darüber kein Wort zu verlieren, dass er unregelmässig und zufällig wirken muss, dass man ihn unbedenklich verwerfen muss, wo man eine quantitativ bestimmte Leistung nothwendig hat. Da das Luftquantum, welches die Lungen der Menschen bedürfen, nicht bald viel und bald wenig, sondern nahezu stets gleich gross ist, so können wir diesen Vorrichtungen, welche darauf gegründet sind, keinen höheren Werth beimessen, als der freiwilligen Ventilation für sich. So halte ich die Ventilation des allgemeinen Krankenhauses und des neuen Gebärhauses in München, welche auf dieses Princip gegründet

sind, für etwas vollkommen Ueberflüssiges. Dass dieser Ausspruch nicht zu hart ist, hat sich auch praktisch erwiesen. Seit fast einem Jahre ist in dem neuen Gebärhause der ganze Theil des Apparates, welcher die Zuführung der frischen Luft besorgen sollte, durch Regierungsbeschluss ausser Thätigkeit gesetzt und abgesperrt. Die Luft dieser Anstalt ist seit dieser Zeit nicht nur keineswegs schlechter als zuvor geworden, sondern es ist auch das Puerperalfieber seitdem daraus verschwunden. Ebenso dürfte man die Luftarterien des allgemeinen Krankenhauses jeden Augenblick entfernen, ohne den mindesten Nachtheil davon befürchten zu müssen; sie liefern ohnehin selbst im günstigsten Falle nur den achten Theil des nothwendigen Luftquantums. — Es würde auch keinen sehr merklichen Unterschied machen, wenn man die Communikation der Säle mit der Heizung unterbrechen würde, denn auch der auf diesem Wege veranlasste Luftwechsel ist nicht sehr gross, und jedenfalls auch höchst unregelmässig. Durch einen Ofen, der einen Saal von 14000 Cubikfuss Rauminhalt heizt, strömen in der Stunde bei lebhafter Flamme höchstens 100 Cubikmeter Luft, während man in Krankensälen stündlich für einen einzigen Menschen bereits 60 Cubikmeter nothwendig hat.

Es lässt sich nicht in Abrede stellen, dass man mit dem zweiten Motor, einem Zugkamine von gehöriger Höhe und Weite gut ventiliren kann, nur wird eine sehr regelmässige Leistung nicht davon zu erwarten seyn, da seine Thätigkeit mit jeder Schwankung der inneren und äusseren Temperatur wechselt, und es dürfte sehr schwierig seyn, allen Schwankungen der äusseren Luft durch die Temperatur im Zugkamine jederzeit entsprechend zu folgen. Ein grosser Uebelstand ist mit den hierauf gegründeten Ventilationsapparaten verbunden, nämlich dass man es nicht im mindesten in seiner Gewalt hat, auf welchen Wegen man die frische Luft zuführen will: sie drückt eben durch alle wo immer vorhandenen

Oeffnungen nach den mit dem Zugkamine zusammenhängenden Räumen, und wie sich bei der Untersuchung der Ventilation auf jener Abtheilung des Spitales Lariboisière zu Paris, welche nach dem Systeme von Duvoir ventilirt ist, ergab, strömt der geringste Theil auf den vorgeschriebenen Wegen zu. Die auf andern Wegen kommende Luft kann gleichfalls reine, durch nichts verdorbene Luft seyn, aber auch das Gegentheil. Dass es nicht lediglich reine Luft seyn wird, was zuströmt, dürfte selbstverständlich seyn, und es zeigte sich im Spital Lariboisière auch wirklich der Kohlensäuregehalt der Luft aus den Sälen viel grösser (nochmal so gross) als er hätte seyn können, wenn der beobachtete Luftwechsel lediglich durch Zuströmen unverdorbener atmosphärischer Luft veranlasst worden wäre.

Zur Ventilation von Räumen, die zu täglichem fortgesetztem Aufenthalte dienen, wie Krankenhäuser, Kasernen und Gefängnisse, wo überdiess allerlei andere Quellen der Luftverderbniss vorhanden sind, halte ich desshalb die Ventilation durch Zugkamine für wenig geeignet, abgesehen davon, dass die täglichen Kosten zur Unterhaltung des nöthigen Feuers sehr bedeutend sind. Räume, welche seltener benützt werden, wie Theater, Concertsäle u. s. w., wo der Aufenthalt kürzer dauert, und welche sonst auch nicht bewohnt werden, können immerhin zweckmässig mit Zugkaminen ventilirt werden. Ich möchte jedoch den Rath geben, nebst Höhe, Weite und Temperatur des Zugkamines auch darauf zu achten, dass die nach der Zugesse führenden Kanäle sich progressiv erweitern, je nachdem sie mehr und mehr Luft aufnehmen, und dass sie möglichst luftdicht hergestellt werden, um nicht in Folge ihrer Porosität oder sonstiger Undichtigkeiten Luft von Seiten her eindringen zu lassen, wo man es nicht haben will, und dadurch einen grossen Theil des Nutzeffektes zu verlieren.

Der dritte Motor, die Kraft einer Maschine, die sich

beliebig steigern lässt, wird immer das vollkommenste und bei weiterer Ausbildung der Technik dieses Zweiges der angewandten Mechanik gewiss auch das billigste Mittel einer angemessenen Ventilation seyn. Man hat in dieser Beziehung in kurzer Zeit grosse Fortschritte gemacht. Das seiner Zeit im Parlamentshause zu London ausgeführte System der mechanischen Ventilation hat sich allerdings als sehr kostspielig und von geringer Wirkung erwiesen; das im Spital Lariboisière zu Paris angewandte System von Thomas und Laurens ist zwar noch kostspielig, aber sehr wirksam, und das mehrfach ausgeführte System von van Hecke, wovon ein Muster im Spital Beaujon zu Paris zu sehen, ist bereits wohlfeil und wirksam zugleich. Die Versuche von Grassi über die Wirksamkeit des van Hecke'schen Ventilators, je nachdem man damit Luft in ein Gebäude hinein oder hinaustreibt, haben ferner bereits darüber entschieden, was vortheilhafter ist. Unter allen Umständen verdient das Hineintreiben den Vorzug. Meine Untersuchungen über die Porosität der Gebäude erklären hinlänglich, warum ein grosser Unterschied zwischen Hineintreiben und Aussaugen der Luft aus einem gemauerten Saale bestehen muss, da wir im letztern Falle nichts weiter als eine regelmässig wirkende Zugesse haben. Wenn die nöthige Menge Luft in einen gemauerten Raum eingetrieben wird, so halte ich es für völlig überflüssig, eigene Kanäle für den Abzug der Luft aus denselben anzubringen. Sollten die Wände eines Baues ganz ungewöhnlich luftdicht seyn, so genügt es irgend eine Oeffnung in der Wand direkt ins Freie zu benützen.

Ich halte das Eintreiben von Luft in die Gebäude, welche überhaupt einer regelmässigen künstlichen Ventilation bedürfen, als Krankenhäuser, Kasernen, Gefängnisse und auch Schulen, für das beste Mittel. Viele schrecken vor den Kosten der Bewegung solcher Maschinen zurück. Das ist aber ein Bedenken, das uns nicht abhalten sollte, Hand ans Werk

zu legen. Die Kosten werden sich verringern mit der besseren Construktion und vereinfachten Handhabung der Apparate, und Letzteres wird erreicht werden, sobald man anfängt, allgemeiner von solchen Apparaten Gebrauch zu machen. Oberbaudirektor von Pauli hat mir einige Anhaltspunkte dafür gegeben, wie viel oder wie wenig Kraft man eigentlich braucht, um die Luft für eine Anzahl von Personen zu fördern. Bei den folgenden Angaben ist vorausgesetzt, dass ein Mensch stündlich 60 Kubikmeter Luft zugeführt erhalten soll, und dass es ermöglicht wird, Ventilatoren zu construiren, welche 33 Procent Nutzeffekt geben. Dann reicht eine Pferdekraft hin, die Luft für 3500 Menschen zu schaffen. Ein Mann kann in 8 Arbeitsstunden (etwa durch Hebung eines Gewichtes) die Luft für 120 Menschen auf 24 Stunden fördern. — Da man in vielen Spitälern etc. Vorrichtungen hat, Wasser auf den Speicher zu heben, so könnte man einen Theil desselben benützen, um kleine Turbinen von 70 Procent Nutzeffekt, und durch diese Ventilatoren zu treiben. Fallen nun

10	Maas	Wasser	in 1 Minute	50	Fuss	hoch	oder
8	„	„	„	60	„	„	„
6	„	„	„	80	„	„	„
4	„	„	„	120	„	„	„

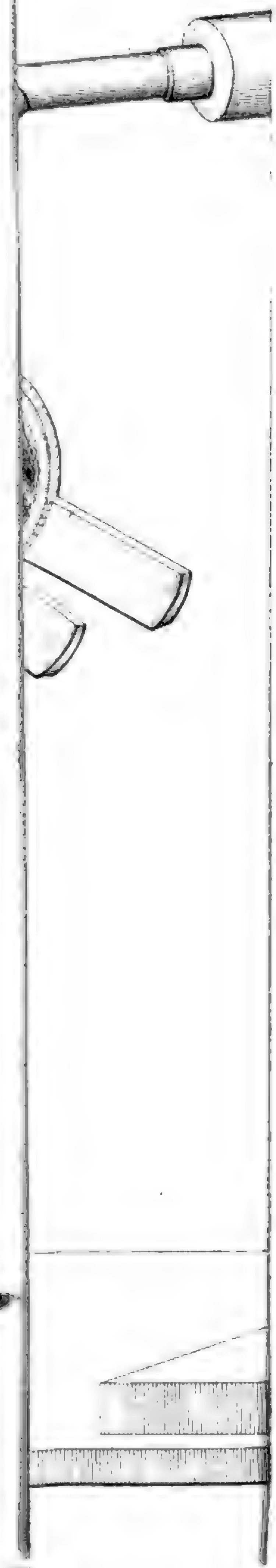
so ist die dadurch erzeugte Kraft stets annähernd gleich der täglichen Arbeitskraft eines Menschen. Hieraus geht hervor, dass wir bei einer unschwer zu erzielenden Vervollkommnung der Apparate mit sehr geringen Kosten für eine grosse Anzahl von Menschen reine Luft, dieses erste Bedürfniss eines gesunden und kräftigen Lebens, zu beschaffen im Stande sind. Die Ingenieure und Mechaniker können sich ein grosses Verdienst um das Wohl des Menschengeschlechtes erwerben, wenn sie diese Aufgabe der allgemeinen Gesundheitspflege mit ihrem Erfindungsgeiste lösen helfen. Wenn künftig Ventilationsapparate aufgestellt werden, mögen sie jederzeit

der strengen Controle wissenschaftlicher Sachverständiger unterstellt werden, damit die Erfahrungen der Einzelnen Gemeingut werden. Der Gebrauch der Anemometer und die Bestimmung des Kohlensäuregehalts der Luft werden beide zusammen uns vor Täuschungen schützen, denen man vordem nicht selten ausgesetzt war, wo man sich begnügte, wenn die Luft durch eine Oeffnung ein- und durch eine andere ausströmte, ohne sich um die Quantität zu kümmern, oder Falls dieses auch geschah, ohne die Wirkung eines bestimmten Luftstromes auf die Gesammtbeschaffenheit der Luft eines bewohnten Raumes durch Bestimmung der Kohlensäure zu controliren.

München, im März 1858.

Dr. Max Pettenkofer.

lensäure in der I
fer.



n Zu
ir

